OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 52.

ABHANDLUNG
ÜBER DIE
KRÄFTE DER ELECTRICITÄT
BEI DER
MUSKELBEWEGUNG

VON

ALOISIUS GALVANI.

(1791).

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

OSTWALD'S KLASSIKER

DER

EXAKTEN WISSENSCHAFTEN



Nr. 1. I … ℳ —.80.

» 2. (… rten Ver-
h … ıgs- und
/ … ℳ —.80.

» 7. I … Herausg.
v

» 10. I … ı Ströme.
(

» 11. (… onen üb.
z … ı. 2. Tag
n … g. v. A.
v

» 12. I … Ebert.
(:

» 13. (… ıetismus.
(… Textfig.
(8

» 20. Chr. Huyghens, Abhandlung üb. d. Licht. (1678.) Herausg. von E. Lommel. Mit 57 Textfig. (115 S.) ℳ 2.40.

» 21. **W. Hittorf,** Über d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (87 S.) ℳ 1.60.

» 23. —— —— II. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (142 S.) ℳ 1.50.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.

Abhandlung

über die

KRÄFTE DER ELECTRICITÄT

bei der

Muskelbewegung

von

ALOISIUS GALVANI

(Comm. Bonon. Sc. et Art. Inst. et Acad. T. 7)

(1791)

Herausgegeben

von

A. J. von Oettingen.

Mit 21 Figuren auf vier Tafeln.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1894.

Aloisius Galvani,

Abhandlung über die Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung.

(De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii. Tomns VII.)

Erster Theil.

Die Kräfte der künstlichen Electricität bei der Muskelbewegung.

In meinem Verlangen das, was mir mit einem nicht unbeträchtlichen Aufwand von Mühe nach vielen Experimenten in den Nerven nnd Muskeln zu entdecken gelnngen ist, soweit branchbar zn machen, dass deren verborgene Kräfte womöglich klargelegt würden, nnd dass man ihre Krankheiten sicherer heilen könnte, fand ich nichts geeigneteres znr Erfüllnng dieses Wunsches, als meine Resultate, wie sie eben waren, einfach dem öffentlichen Urtheil zn nnterbreiten. Denn hervorragende Gelehrte werden durch die Lectüre unserer Abhandlnng in den Stand gesetzt, diese Resultate selbst durch ihre Betrachtungen nnd Experimente weiter zn entwickeln und vor allem jenes Ziel zu erreichen, welches wir selbst zwar erstrebt haben, aber zn erreichen vielleicht sehr weit entfernt waren.

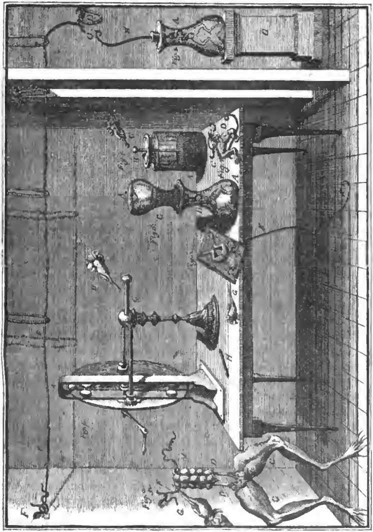
Dabei fiel noch besonders ins Gewicht, dass ich diese Arbeit vielleicht niemals, nicht einmal nnvollendet nnd kaum angefangen, hätte in die Oeffentlichkeit bringen können, wenn ich sie nicht in geringerer Vollendung und Abrundung veröffentlichte. Da ich einsah, dass mir weder Zeit noch Musse noch geistige Fähigkeiten in hinreichendem Maasse zn Gebote standen, nm sie zum Abschluss zu bringen, wollte ich lieber vernünftigerweise auf meinen sehr berechtigten Wunsch verzichten, als auf den Erfolg der Sache selbst.

Ich glanbte daher etwas zn thun, was der Mühe werth

ist, wenn ich den Hergang meiner Entdeckungen kurz und genau in der Reihenfolge und Gestalt vortragen würde, wie sie mir theils Zufall und Glück darboten, theils Fleiss und Mühe gewinnen halfen; nicht nur damit nicht mir mehr als meinem Glück oder dem Glück mehr als mir zugeschrieben würde, sondern um denen, welche jene Versuche selbst anstellen wollten, eine Fackel zu reichen. Ferner wollten wir dem anerkennenswerthen Wunsche der Gelehrten, bei neuen Untersuchungen den Ursprung und die Entstehung kennen zu lernen, gerecht werden.

Der Beschreibung der Versuche werde ich aber manche Zusätze beifügen, manche Vermuthungen und Hypothesen, **[364]** meist unter dem Gesichtspunkte, dass man zum Verständniss neuer Versuche einen Weg ebnen muss, damit wenigstens, wenn man auch nicht gerade auf ihm zur Wahrheit gelangen kann, doch ein neuer Pfad zu derselben angebahnt wird.

Die Sache fing so an. Ich secirte einen Frosch und präparirte ihn, wie in Fig. 2, Taf. I, und legte ihn, mich alles anderen versehend, auf einen Tisch, auf dem eine Electrisirmaschine stand, Fig. 1, weit von deren Conductor getrennt und durch einen nicht gerade kurzen Zwischenraum geschieden. Wie nun der eine von den Leuten, die mir zur Hand gingen, mit der Spitze des Skalpellmessers die inneren Schenkelnerven *D D* des Frosches zufällig ganz leicht berührte, schienen sich alle Muskeln an den Gelenken wiederholt derart zusammenzuziehen, als wären sie anscheinend von heftigen tonischen Krämpfen befallen. Der andere aber, welcher uns bei Electricitätsversuchen behilflich war, glaubte bemerkt zu haben, dass sich das ereignet hätte, während dem Conductor der Maschine ein Funken entlockt wurde. Fig. 1 *B*. Verwundert über diese neue Erscheinung machte er mich, der ich etwas gänzlich anderes vor hatte und in Gedanken versunken war, darauf aufmerksam. Daraufhin wurde ich von einem unglaublichen Eifer und Begehren entflammt, dasselbe zu erproben und das, was darunter verborgen wäre, ans Licht zu ziehen. Ich berührte daher selbst mit der Messerspitze den einen oder den andern Schenkelnerv und in dem Momente entlockte einer von den Anwesenden einen Funken. Die Erscheinung blieb stets dieselbe. Unfehlbar traten heftige Contractionen in den einzelnen Muskeln der Gelenke in demselben Momente ein, in dem der Funken übersprang, wie wenn das präparirte Thier vom Tetanus befallen wäre.



Taf. I. Fig. 1—6.

In dem Bedenken aber, dass diese Bewegungen mehr von der Berührung mit der Messerspitze, welche vielleicht den Reiz bewirkte, als von dem Fnnken herrührten, habe ich dieselben Nerven wieder auf dieselbe Weise bei anderen Fröschen mit der Messerspitze berührt nnd zwar stärker, doch ohne dass während dieser Zeit Jemand einen Fnnken hervorrief. Es wnrden jedoch gar keine Bewegnngen bemerkbar. Dadurch bin ich zn der Ansicht gekommen, es sei vielleicht zur Hervorrufung der Erscheinung die Berührung eines Körpers nnd der electrische Funken zusammen erforderlich.

Deshalb habe ich die Schneide des Messers wiederum an die Nerven gesetzt nnd nnbeweglich festgehalten, während der Fnnken übersprang nnd während die Maschine völlig rnhte. Die Erscheinnng trat nur ein, während der Fnnken übersprang.

Wir wiederholten das Experiment stets unter Anwendung desselben Messers. Aber auffallender Weise traten beim Ueberspringen des Fnnkens die beobachteten Bewegungen manchmal ein, manchmal blieben sie aus.

[**365**] Durch die Neuigkeit der Erscheinung angeregt schickten wir uns an, die Sache auf die eine nnd die andere Art zu versuchen und experimentell zu verfolgen, doch unter Anwendung ein und desselben Skalpells, damit wir womöglich die Ursachen der unerwarteten Verschiedenheit entdeckten. Und diese neue Arbeit verlief nicht resnltatlos. Denn wir entdeckten, dass die ganze Erscheinnng den verschiedenen Theilen des Skalpells, an denen man es mit den Fingern hielt, zuzuschreiben wäre. Denn, da das Skalpell einen beinernen Griff hatte, so traten, wenn man diesen Griff mit der Hand umschloss, beim Ueberspringen des Funkens keine Zuckungen ein; wohl aber, wenn man die Finger an die Metallklinge oder an die die Klinge des Skalpells festhaltenden eisernen Nägel legte.

Da nnn einigermaassen trockene Knochen eine idioelectrische, die Metallklinge aber und die eisernen Nägel eine leitende oder sogenannte anelectrische Natur zeigen, kamen wir auf die Vermuthung, es verhielte sich so, dass, wenn man mit den Fingern den beinernen Griff hielte, dem electrischen Fluidum, welches auf irgend eine Weise in dem Frosch thätig wird, jeder Zutritt verwehrt würde, dass er ihm aber gestattet würde, wenn man die Klinge oder die mit dieser communicirenden Nägel anfasste.

Um nun die Sache ausser allen Zweifel zu setzen, haben wir uns anstatt des Skalpells bald eines dünnen Glascylinders *H* Fig. 2, der von aller Feuchtigkeit und jedem Stäubchen rein polirt war, bald eines Eisencylinders *G* bedient. Mit dem gläsernen berührten wir nicht nur die Schenkelnerven, sondern rieben sie tüchtig, während der Funken hervorgelockt wnrde. Aber vergeblich; trotz aller Mühe trat nie die Erscheinnng ein, auch wenn zahllose, stärkere Funken dem Conductor der Maschine, selbst in geringer Entfernung von dem Thier, entzogen wurden. Sie trat aber wohl ein, wenn man mit dem Eisencylinder eben dieselben Nerven nur leicht berührte und nnr kleine Fnnken überspringen liess.

Damit stand uns die Wahrheit unserer Vermuthung als klar erwiesen fest, dass nämlich die Berührung eines leitenden Körpers mit den Nerven erforderlich sei, damit die Erscheinung eintrete. Da aber sowohl der Körper, mit dem man die Nerven berührte, als auch der Mensch, der dieselben berührte, von Belang sein konnten, so brachten wir eben diese Nerven an den Eisencylinder *G*, jedoch ohne ihn mit den Händen festzuhalten, damit constatirt würde, ob dem Menschen und dem Eisencylinder oder letzterem allein die Erscheinung zuzuschreiben sei. Bei dieser Versuchsanordnung trat beim Ueberspringen des Funkens keine Bewegung der Mnskeln ein. Ferner haben wir an Stelle des Cylinders einen sehr langen Draht *KK* Fig. 2 angewendet, um zu sehen, ob jener das Fehlen des Menschen gewissermaassen wieder ausgleichen würde oder nicht; und siehe da, wiedernm Mnskelcontractionen beim Ueberspringen des Funkens.

Nach diesen Beobachtungen war es uns klar, dass nicht nur die Berührung [366] des leitenden Körpers mit den Nerven, sondern auch eine gewisse Grösse und Ansdehnnng des ersteren zur Erlangung der Erscheinung erforderlich sei. Es möge nns gestattet sein, einen derartigen Leiter im Folgenden der Deutlichkeit und Kürze wegen einen Nervenconductor zu nennen.

Mit dem Ende eines derartigen Conductor verbanden wir den Frosch durch einen kleinen in sein Rückenmark gehefteten Haken Fig. 2 und drehten bald den Frosch, bald den Condnctor gegen die Maschine, so dass der Frosch der Maschine bald nahe bald fern war, und deshalb bald die Füsse bald die präparirten Nerven der Maschine zugekehrt waren, und

er den Conductor bald vor bald hinter sich hatte. Nichtsdestoweniger blieben die Contractionen immer dieselben.

Ausserdem untersuchten wir, ob auch die Erscheinung bei präparirten Thieren an einem von der Maschine sehr fern gelegenen Orte eintrete und ebenso bei der Anwendung sehr langer Nervenconductoren. Das Resultat war aber folgendes: bei Anwendung eines Eisendrahtes von 100 und mehr Ellen Länge traten beim Ueberspringen des Funkens die Muskelcontractionen trotz der so grossen Entfernung von der Maschine wohl ein. Einen Versuch stellten wir auf folgende Weise an. Wir befestigten einen Eisendraht *EE* Fig. 3 an Seidenfäden und isolirten ihn, wie die Physiker sagen. Das eine Ende banden wir gleichfalls mit Eisendraht an einen in die Mauer getriebenen Nagel *F*, das andere der Maschine abgekehrte führten wir je nach der Länge des Drahtes in die einen oder die anderen Zimmer. An dieses banden wir an der Stelle *C* einen anderen Eisendraht *B*, an dessen Ende der Frosch hing, und schlossen der Bequemlichkeit wegen den Frosch in ein Glasgefäss *A*, dessen Boden irgend eine leitende Substanz erfüllte, wie Wasser beispielsweise oder ganz feines Jagdbleischrot, wodurch das Experiment besser glückte. Aber wunderbar wahrlich, beim Ueberspringen des Funkens aus dem Conductor der Maschine bewegte sich der rumpflose Frosch trotz solcher Entfernung und sprang förmlich in die Höhe. Ebenso ging es, wenn der Frosch aus dem gläsernen Gefäss herausgenommen und genau so an den Conductor *EE* gehängt wurde, und weit rascher, wenn an seinen Füssen ein leitender Körper befestigt ward, welcher mit der Erde in Verbindung stand.

Nach diesen Erfahrungen mit dem isolirten Conductor haben wir untersucht, was der nicht isolirte ergeben würde.

Deswegen haben wir eben den Eisendraht *EE* an die einen und die anderen Thürangeln der Zimmer unseres Hauses, deren Zahl sechs war, gebunden, während wir das übrige wie sonst anordneten. [367] Es traten zwar geringere, aber es traten doch Contractionen in dem präparirten Frosch auf, während der Funken übersprang.

Auf diese Erfahrung hin beschloss ich zu untersuchen, ob nach allen Richtungen und im Kreise, wie es gleichfalls zu erwarten war, die Wirkung einer derartigen Electricität auftreten und sich ausbreiten würde. Ich ordnete daher verschiedene Nervenconductoren rings im Kreise herum um den Conductor der Maschine an, in nicht unbedeutendem Abstand

von derselben, und hing an jeden einzelnen von ihnen einen präparirten Frosch, und beim Ueberspringen des Fnnkens bewegten sich (fürwahr ein ergötzliches Schauspiel) nicht selten die einzelnen Frösche zn ein nnd derselben Zeit, am meisten, wenn ein leitender Körper, wie bei obigem Experiment, die Füsse der einzelnen berührte, und am besten, wenn derselbe bis zur Erde geführt wnrde, was leicht anszuführen war, oder, wenn an die Füsse eines jeden einzelnen Frosches ein langer Metalldraht gebnnden wnrde, oder, wenn man sie mit den Fingern anfasste.

Aber die Entdeckung des Nutzens nnd der Nothwendigkeit der leitenden Körper, welche die Füsse berührten, flösste uns den Wunsch ein, noch andere Versuche darüber anzustellen. Dnrch Ansführnng derselben wnrde festgestellt, dass die leitenden Körper, die mit den Muskeln verbunden waren, znr Erregung der Contractionen znweilen ohne Nervencondnctoren hinreichten oder wenigstens von grossem Einflnss darauf waren. Dieser Einfluss war nm so grösser, je länger sie waren und dnrch je grössere Leitfähigkeit sie sich anszeichneten, vor allem, wenn sie mit der Erde in Verbindnng standen, nnd war mindestens so gross als der Einfluss jener, welche wir an die Nerven zn binden pflegten.

Diese Leiter wollen wir im Folgenden Muskelconductoren nennen, damit sie sich von unseren Nervenconductoren bequem unterscheiden lassen.

Nun sahen wir aber keine Contractionen beim Ueberspringen des Fnnkens erfolgen, anch wenn wir den Muskeln ihren Condnctor anhefteten, sobald der Nervenconductor weit von der Maschine fortgeführt nnd dnrch irgend einen nicht leitenden Körper unterbrochen ward, wie z. B. wenn er theils aus leitender Metallsubstanz, theils aus nicht leitender Snbstanz, wie Glas, Harz oder Seide sorgfältig znsammengefügt war, oder wenn der Condnctor B Fig. 3 mit dem Conductor EE nicht im Pnnkte C verknüpft, sondern an einer seidenen Schlinge D aufgehängt ward. Wahrhaftig ein nener und nnzweifelhafter Beweis für das Fliessen der Electricität dnrch derartige Conductoren.

Aber nicht nur mit der Einschaltung allein, sondern anch mit dem gänzlichen Unterbrechen des Conductors haben wir Versnche angestellt, indem wir die Enden des unterbrochenen Conductors bis auf einen sehr geringen Abstand einander näherten. Es trat überhaupt keine Erscheinung ein.

[368] Wir befleissigten uns auch auf eine andere Weise den freien Weg der Electricität durch den Conductor zu unterbrechen. Wir legten nämlich das präparirte Thier auf eine nicht leitende Platte, seinen Nervenconductor aber banden wir nicht wie früher entweder an die Nerven oder an das Rückenmark, sondern legten ihn so auf eben diese Platte, dass sein Ende eine beträchtliche Anzahl Linien, zuweilen auch eine Daumenlänge von ihnen abstand. Die Contractionen zeigten sich beim Ueberspringen des Funkens, sie zeigten sich auch, wenn die Glieder auf einer leitenden Platte, die Nerven aber auf einer nicht leitenden in derselben Entfernung lagen, sogar wenn die Nerven mit den Fingern in die Höhe gehalten wurden, schliesslich bei Anwendung eines kurzen oder eines langen Nervenconductors, ausserdem, wenn sich das Thier nahe bei der Maschine oder auch fern von ihr befand. Ganz und gar aber blieben sie aus, wenn die Nerven und ihr Conductor von einander, wie oben, getrennt auf einer leitenden Platte lagen.

Wir haben auch nicht unterlassen zu untersuchen, ob das, was Electricität gewesen sein könnte, die Contractionen, von denen wir schon oft gesprochen haben, erregen würde, wenn es nicht die Oberfläche der Conductoren, sondern nur die Substanz durchschreitet. Deshalb haben wir den Eisendraht, welcher als Conductor diente, mit Ausnahme seiner Enden, ganz mit nicht leitender Materie, nämlich gewöhnlichem Wachs, Siegellack oder Pech überzogen und verhüllt. Und beim Ueberspringen des Funkens traten wie bei einem freien Conductor die Contractionen ein.

Nachdem diese Einzelheiten durch eine lange Reihe von Experimenten erforscht und sicher gestellt waren, war es nicht nur statthaft die Erscheinung solcher Contractionen der Electricität zuzuschreiben, sondern auch die Versuchsbedingungen gewissermaassen wie Gesetze anzusehen, an die sie gebunden wären.

Die Muskelcontractionen schienen uns bis zu gewissen Grenzen sowohl der Stärke der Funken und des Thieres, als auch besonders der Ausdehnung der Nervenconductoren direct, den Entfernungen vom Conductor der Maschine aber umgekehrt proportional zu sein. Ebenso erschienen uns die Contractionen meist grösser, wenn das Thier auf demselben Tische, auf welchem die Maschine stand, lag, und der Tisch mit Oelfarbe gestrichen war, oder, wenn das Thier

von dem Tische weggenommen nnd auf eine nicht leitende, und ja nicht auf eine leitende, Substanz hingestreckt wnrde.

Ich habe zwar gesagt, dass augenscheinlich eine directe Proportionalität bei den Contractionen statt hat, aber genau genommen nnr in gewissen Grenzen. Denn z. B., wenn [**369**] eine bestimmte Ausdehnung des Nervencondnctors gefunden worden ist, welche zur Erzeugung der Contractionen gerade hinreichend ist, so werden diese, wenn man die Ausdehnung verringert, nicht geringer, sondern sie bleiben ans. Wenn man aber die Ansdehnnng vermehrt, erstarken zwar die Contractionen; ist man aber bis zu einer gewissen Ausdehnnng angelangt nnd dehnt man den Nervenconductor über diese hinans bis zu jeder beliebigen Grösse aus, so wird man jene Contractionen kaum nnd nicht einmal kaum vermehren; und dasselbe kann man anch von den anderen Elementen der anfgestellten Proportion sagen.

Der von dem Conductor der Maschine entlockte Funken schien uns, da seine Kraft znr Erregnng der Muskelcontractionen sich ans der Beobachtung als so bedeutend erwies, zu versprechen, dass die Contractionen bei jener electrischen Flamme, welche bei der Entladung des magischen Quadrates hervorbricht, weit grösser sein würde. Die Sache verlief aber gänzlich anders; denn zu unserer grössten Verwundernng traten in dem in der üblichen Weise präparirten Thiere keine Bewegungen ein.

Nach diesen Versnchen mit der sogenannten positiven Electricität blieb uns noch übrig, ähnliches mit der negativen zu versuchen. Wir isolirten daher znerst die Electrisirmaschine und den, welcher sie drehte. Dieser hielt einen Eisenstab in der Hand, dem wir Frösche, welche mit Conductoren, wie es nöthig war, versehen waren, näherten. Die Frösche lagen auf einer Glasplatte, damit nicht die umgrenzenden Körper ihnen Electricität mittheilten. Dann entlockte der, welcher die Maschine drehte, mit dem erwähnten Eisenstab fleissig den nächsten Gegenständen Fnnken. Wir sahen ebenso Contractionen in den präparirten Fröschen auftreten, wie sie bei den ans dem Condnctor der nicht isolirten Maschine gezogenen Funken stattfanden.

Ausserdem stellten wir mit negativer Electricität auf eine andere Art Versuche an und zwar folgendermaassen. In einer gewissen Entfernung von der negativen Belegung einer Leydener Flasche legten wir den Nervenconductor *C* Fig. 4,

dann entlockten wir von der geladenen Belegung, wie die Physiker sagen, oder von der mit positiver Electricität geladenen, Fig. 5, Funken. Die Frösche bewegten sich in gleicher Weise, wie bei Anwendnng von positiver Electricität. Sie bewegten sich auch, wenn der Eisendraht, welcher den Nervenconductor darstellte, etwas von der äusseren Belegung der Flasche entfernt war, auch wenn er in eine lange Glasröhre ganz eingeschlossen wurde, und auch wenn der Frosch selbst in ein Glas gesteckt ward, wenn das offene Ende dieser Röhre die schon erwähnte äussere Flaschenbelegnng berührte. Dann traten dieselben Contractionen ein, wenn der Funken vom Haken der Leydener Flasche gerade zu der Zeit entzogen wurde, in der die Flasche mit Electricität geladen ward, oder wenn er ein wenig nachher entlockt wurde [370] an derselben Stelle, an der sie geladen ward, oder auch anderswo nnd, nachdem die Flasche weit von der Maschine weggesetzt war.

Ferner traten die Erscheinungen nicht nur auf, wenn die Frösche mit einem Nervencondnctor, sondern anch wenn sie nur mit einem Muskelconductor versehen waren. Mit einem Wort, in diesem Versuch mit der Flasche verlief alles, wie bei dem mit der Maschine, ausser dass das präparirte Thier weder von der äusseren Belegung der Flasche noch von benachbarten Körpern noch von irgend einer anderen möglichen Quelle Electricität empfangen konnte.

Wir beschlossen noch auf eine andere Art nnd Weise die negativ electrischen Belegungen zn probiren und auf solche Contractionen durch Hervorrufung von Funken aus denselben zu fahnden. Ich legte nämlich einen präparirten Frosch auf die obere Belegung eines magischen Quadrates, auf das die Electricität der Maschine gehörig übergeströmt war, nnd entzog der unteren Belegung, während die Maschine ruhte, wie anch, während sie rotirte, Fnnken. Wenn die Maschine ruhte, traten die gewohnten Contractionen der Muskeln spärlich, aber in einer immerhin beträchtlichen Anzahl von Fällen ein, doch nnr sogleich nach dem Eintritt der Ruhe in der Maschine, beim Rotiren aber stets.

Nach diesen Versuchen mit Hilfe der Electrisirmaschine wandten wir anch die Electricität des Electrophors beim Versuche an, um keine Fnnken gebende Art der Electricität zu übergehen. Deshalb zogen wir von dem Deckel des Electrophors einen Fnnken, und es ergab sich die gewöhn-

liche Erscheinung der Muskelcontractionen. Das aber geschah nicht bei ebenso grossen Entfernungen, wie wenn man aus dem Conductor der Maschine einen Funken entlockte, sondern nur bei kleinen. Die Contractionen selbst aber fielen sehr gering aus. Obgleich aber nach so vielen Versuchen über die Electricität es uns kanm und nicht einmal kaum erlanbt schien, einen Zweifel über die Ursache der Erscheinung zu hegen, fiel uns doch, um die Sache besser und besser zu beweisen, nichts geeigneteres ein, als dem Conductor der Thiere sehr feine Electrometer zu nähern.

Wir machten daher ein nach Angabe des hochberühmten Volta construirtes Electrometer zurecht, dessen Strohhalme wir, damit sie dadurch zum Versuch geeigneter würden, mit Stanniol überzogen. Obwohl während dieses Versuches die Conductoren beim Rotiren der Maschine isolirt waren, stiessen sich die Strohhalme nicht selten gegenseitig ab, fielen aber häufig beim Ueberspringen des Fnnkens zusammen. Wenn aber die Condnctoren frei waren, stiessen die Halme einander beim Rotiren der Maschine nicht einmal ganz wenig ab, beim Ueberspringen des Funkens aber zeigten sie kleine Sprünge und Zuckungen, welche offenbar ein Ausströmen von Electricität aus den Conductoren des Thieres [371] während der Zeit, in der durch das Hervorspringen des Funkens die Contractionen erregt wurden, anzuzeigen schienen.

Damit nun aber die Frage von allen Zweifeln befreit werde, haben wir nns bemüht auf verschiedene Weise dem electrischen Fluidum der Maschine den Zutritt sowohl zu dem Thiere als auch besonders zu dessen Conductoren zu hindern. Zuerst haben wir das Thier in ein Glasgefäss geschlossen nnd dann die Wand, an der die Electrisirmaschine stand, durchbohrt, und in dieses Loch, welches durch die ganze Dicke der Mauer verlief, eine Glasröhre gesteckt, und mit Kitt die Mündung des Gefässes so an dic durchbohrte Maner geklebt, dass der Nervenconductor durch die eingeschlossene Röhre ging und an der entgegengesetzten Seite der Mauer in das anstossende Zimmer hinanshing. Und siehe da, Muskelbewegungen, wenn der Funken aus dem Conductor der Maschine sprang!

Auch umgekehrt habe ich das Thier und seinen Conductor angebracht, den Conductor nämlich in dem Glase, wo erst das Thier war, und das Thier da, wo erst der Conductor heraushing. Sonst habe ich alles andere, wie vorher, mit

denselben Kunstgriffen angeordnet und den Funken entlockt; und dieselben Bewegungen traten ein.

Obgleich durch diese Art des Experimentirens dem electrischen Fluidum der Maschine jeder Weg verschlossen schien, habe ich nichtsdestoweniger ein Maschinchen Fig. 6 ausgedacht und construirt, das weit einfacher und bequemer war, als der bisher beschriebene Apparat, und das in verschiedenen Entfernungen von der Maschine aufgestellt werden konnte, und in das nicht nur das Thier, sonderu auch der Nerven- wie der Muskelconductor in geeigneter Weise gelegt und geschlossen werden konnten.

Das Maschinchen ist aber derart: Es ist aus zwei Glasgefässen zusammengesetzt, deren eins über das andere gestülpt ist. In dem oberen ist der Nervenconductor, welchen der Bequemlichkeit wegen kleine bleierne Jagdschrote ersetzen können. Im unteren ist das Thier mit ähnlichen Schroten, welche an Stelle des Muskelconductors dienen können, indem das Thier, wenn es z. B. darin steckt, sie gewissermaassen mit den Füssen verbnnden hat. Das Thier wird in dieser Lage leicht festgehalten nnd hat Verbiudung mit dem Conductor der oberen Flasche durch eiuen Eisendraht, der an dem Rückenmark hängt und durch den Korkstöpsel der Flasche gebohrt ist, in deren Hohlraum hineinragt und von Bleischroten umgeben und bedeckt wird.

Durch einen solchen Stöpsel wird verhütet, dass, wenn die obere Flasche umgekehrt uud auf die audere gesetzt wird, die Bleischrote aus derselben herausfallen. Damit aber die Flasche mit der untereu fest verbunden wäre und das electrische Fluidum nicht durch die Ritzen, welche leicht [372] zwischen den Mündungen der beiden Flaschen bleiben könnten, sich einen Weg bahute, werden mit einem eigenthümlichen Kitt, aus Wachs und Terpentin bestehend, die Münduugen der Flaschen aufeinander gekittet nud fest zusammen geklebt, doch so, dass die Flaschen nach Belieben und Bedarf getrennt und wieder vereinigt werden könnten.

Wird dieses Maschinchen auf denselben Tisch gestellt, auf dem die Electrisirmaschine stand, in einer gewissen Entfernung von dem Couductor der Maschine, so erschienen beim Ueberspringen des Fnnkens nicht nur ebensolche, sondern heftigere Bewegungen, als wenn das Thier mit seinen Conductoren in der freien Luft offen da lag, und es wnrden die oben erwähnten Gesetze in den Mnskelbewegungen nach

der angegebenen Proportion gewahrt. Auf diese Versuche hin würde ich leicht von der ersten Ansicht abgegangen sein, nach der ich die in dem Conductor der Maschine erregte Electricität für die Entstehungsursache dieser Muskelbewegungen hielt, auf welchem Wege und auf welche Art sie auch beim Ueberspringen des Funkens thätig werden mag. Allein die obigen Versuche und besonders eine gewisse in mir entstandene Anschauung wiesen mich wieder daranf hin, dass der Electricität der innern Glasoberfläche, welche in dem Thier und den Conductoren während des Ueberspringens des Funkens thätig wird, die Erscheinung am meisten zuzuschreiben sei. In dieser Ueberzeugung haben mich nun andere schliesslich angestellte Versuche, vor Allem jedoch die Beobachtung der Bewegungen des Electrometers, welches mit in das Maschinchen hineingestellt worden war, völlig bestärkt. Die ganz leichten Kügelchen und Fäden, aus denen das Electrometer construirt war, veränderten, wenn die Maschine gedreht wurde, sogleich ihre Lage und stiessen einander ab; wenn aber die Funken übersprangen, kehrten sie in ihre frühere Lage und zum Contact zurück.

Nach diesen Versuchsanordnungen und Erfahrungen schien uns nur noch zur grösseren Ausnützung unserer Versuche übrig zu sein, dieselben auch mit lebenden Thieren anzustellen.

Wir haben das aber nicht an den Schenkelnerven im Bauche vorgenommen, um die Thiere nicht etwa zu tödten, sondern an dem aufgeschnittenen Oberschenkel, nachdem der Nerv von den umliegenden Theilen getrennt, aus den Muskeln herausgezogen und mit einem Conductor versehen war. Die Contractionen traten in dem entsprechenden Schenkel beim Ueberspringen des Funkens gleichfalls ein, nur geringer wie es uns schien, als in dem todten Thiere.

Da bei den bisher auseinandergesetzten Versuchen durch die zwischenliegende Luftschicht das Thier, die Maschine und ihr Conductor mit einander in Verbindung standen, beschloss ich zu versuchen, was [**373**] geschehen würde, wenn auch diese Verbindung erst unterbrochen und schliesslich ganz aufgehoben würde.

Zuerst verfuhr ich so: Ich habe das Maschinchen mit dem präparirten und mit seinen Conductoren wie in Fig. 6 versehenen Thier unter ein Glasgefäss gesetzt an einem von der Electrisirmaschine nicht sehr entfernten Platz. Dann

zog ich einen Funken. Die Bewegungen traten wie gewöhnlich ein.

Dieses Glas habe ich ferner mit dem Maschinchen zusammen unter ein anderes, weit grösseres Glas gesetzt und dies wieder nnter ein anderes noch grösseres. Wiederum zeigten sich beim Ueberspringen des Funkens ähnliche Bewegungen, doch langsamer, je grösser die Zahl der Recipienten und die Dicke der Wände war.

Darnach habe ich die ganze Verbindung durch die Luft zwischen dem Thier und der Electrisirmaschine beseitigt. Ich stellte nämlich das Maschinchen, in dem das Thier war, unter den Recipienten einer Luftpumpe ziemlich weit von dem Conductor der Maschine entfernt und durchbohrte das obere Gefäss der Maschine, damit die Luft dnrch wiederholtes Absaugen heransgeschafft werden konnte. Nachdem nnn die Luft bald herausgezogen war, bald nicht, zog ich Fnnken, und erhielt in beiden Fällen Contractionen, die, wie es schien, nicht einmal von den vorigen zu nnterscheiden waren.

Nachdem wir auf so verschiedene Arten mit der in dem Funken thätig werdenden Electricität Versuche angestellt hatten, forschten wir nicht ohne Fleiss nnd Mühe nach, ob sie nicht auch in anderen Kraftwirkungen und auf andere Weise ihre Herrschaft in der Muskelbewegung ausübte. Es liessen sich aber znweilen Mnskelcontractionen beobachten, wenn der Nervencondnctor *B* Fig. 3 dem Conductor der Maschine *C* Fig. 1 so nahe als möglich gebracht wurde, ferner, wenn der Deckel des Electrophors von dem Harzkuchen abgehoben, oder, wenn dieser Deckel an den erwähnten Conductor sehr nahe heran gebracht wnrde, nnd sobald der Electrophor von dem Conductor der Maschine sehr weit weg war, ohne dass jedoch ein Funken übersprang.

Soviel über Thiere, welche Kaltblüter genannt werden. Nach diesen Proben und Versuchen blieb nichts mehr zu wünschen übrig, als dass man ähnliches auch mit Warmblütern versuchte, wie z. B. an Hühnern und Schafen. Beim Anstellen des Versuchs trat dasselbe Resultat bei diesen wie bei jenen ein. Es bednrfte nur einer anderen Präparirnng bei ihnen. Man musste nämlich den Schenkelnerv nicht innerhalb des Bauches, sondern ausserhalb und zwar am Schenkel zunächst anschneiden, von den übrigen Theilen trennen, blosslegen nnd ihm dann den Conductor anheften und schliesslich den Funken aus dem Conductor der Maschine überspringen

lassen, wenn das Bein mit dem lebenden Thier verbunden oder, wie früher beim Frosch, von demselben abgeschnitten war. Andernfalls, nämlich bei der beim Präpariren [374] der Frösche gewöhnlich angewandten Art, blieb die Erscheinung völlig ans, da vielleicht den Muskeln die Contractionsfähigkeit eher verloren ging, ehe ich jene lange und vielfache Präparirung vollenden konnte.

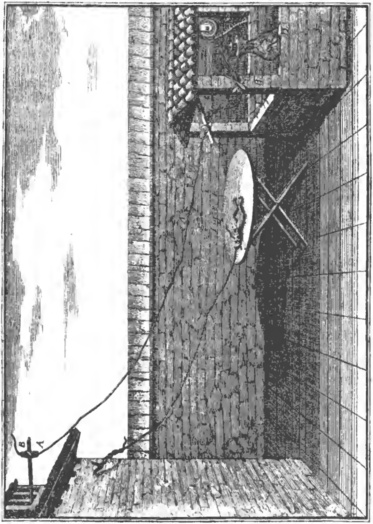
Es muss aber noch manches über solche Experimente bei warm- oder kaltblütigen Thieren im folgenden bemerkt werden, nnd zwar eigenthümliches nnd, wie ich glanbe, nicht überflüssiges, was sich uns manchmal dargeboten hat: erstens nämlich, dass die präparirten Thiere um so geeigneter für die Erscheinnngen sind, je vorgerückteren Alters sie sind, und ebenso je weissere Muskeln sie haben und je blutleerer sie sind, und dass die Mnskelcontractionen schneller und leichter und viel andauernder in den Kaltblütern erzeugt werden als in den Warmblütern. Es haben nämlich erstere ein durchsichtigeres Blut als letztere, welches schwerer gerinnt und deshalb weit leichter aus den Muskeln ausfliesst. Zweitens aber: Die präparirten Thiere, mit denen die Electricitätsversnche angestellt worden sind, verderben weit schneller und werden eher riechend, als solche, welche der Wirknng der Electricität nicht ausgesetzt waren. Schliesslich glückten die bisher erwähnten Phänomene nur, wenn die Thiere in der erwähnten Art znm Experiment präparirt waren, sonst blieben sie aus. Wenn nämlich die Condnctoren nicht an das zerschnittene Rückenmark oder an die Nerven, wie gewöhnlich, sondern an das Gehirn oder an die Mnskeln angelegt oder angeheftet waren, oder wenn die Nervenconductoren bis zu den Mnskeln weiter geführt wurden, oder wenn die Nerven von den umliegenden Theilen zu wenig entblösst wurden, gab es entweder keine oder nnr geringe Contractionen. Wohl das meiste, was wir bei diesen Versuchen an Resultaten erhielten, haben wir der Geschicklichkeit, die Nerven zu präpariren und blosszulegen, zu verdanken.

Zweiter Theil.

Die Kräfte der atmosphärischen Electricität in der Muskelbewegung.

Nach der Entdeckung der Kräfte der künstlich erregten Electricität in den Muskelcontractionen, über die wir uns bisher verbreitet haben, schien uns nichts wichtiger als zu erörtern, ob die sogenannte atmosphärische Electricität dieselben Erscheinungen ergeben würde oder nicht, ob nämlich bei Anwendung derselben Kunstgriffe die Blitze so, wie das Ueberspringen der Funken, auch Muskelcontractionen erregen würden.

[**375**] Wir haben daher einen langen, passenden Conductor, und zwar einen Eisendraht, in freier Luft an einem höher gelegenen Orte des Hauses ausgespannt und isolirt, Fig. 7 Taf. II, und an ihn, als ein Gewitter am Himmel aufgezogen war, präparirte Frösche oder präparirte Schenkel von Warmblütern mit ihren Nerven aufgehängt, wie in Fig. 20 und 21 Taf. IV. Auch an ihre Füsse haben wir einen anderen Conductor, nämlich einen anderen Eisendraht geheftet und zwar einen sehr langen, um ihn bis in das Wasser des in der Figur verzeichneten Brunnens tauchen zu lassen. Die Sache verlief ganz nach Wunsch, wie bei der künstlichen Electricität: So oft nämlich Blitze hervorbrachen, geriethen sämmtliche Muskeln in demselben Moment in wiederholte heftige Zuckungen, so dass immer, wie der Schein der Blitze und das Aufleuchten, auch die Muskelbewegungen und Contractionen den Donnerschlägen vorangingen und diese gleichsam ankündigten. Ja sogar so gross war die Uebereinstimmung der Erscheinungen, dass die Contractionen eintraten, auch wenn der Muskelconductor nicht angebracht und der Nervenconductor gar nicht isolirt war. Es liess sich sogar wider Erwarten und Voraussicht dasselbe beobachten, wenn der Conductor auch an niedrigeren Orten angebracht war, Fig. 8 Taf. II. Am besten glückte es aber, wenn die Blitze gross waren oder aus Wolken, welche dem Orte der Versuche näher waren, hervorbrachen, oder wenn einer den Eisendraht *F* mit der Hand hielt, wenn gerade die Blitze aufleuchteten.



Taf. II. Fig. 7 u. 8.

Der Versuch gelang, wenn das Thier in der freien Luft lag oder, wenn es der Bequemlichkeit wegen in ein passendes Gefäss eingeschlossen, wie in Fig. 7, oder im Zimmer behalten wurde. Sie trat auch ein, wenn der Nervenconductor etwas von den Nerven abstand, am besten bei heftigeren oder näheren Blitzen, gerade so, wie solches bei der künstlichen Electricität bei stärkeren oder in grösserer Nähe des Thieres hervorgerufenen Funken geschah. Schliesslich kam noch das bemerkenswerthe hinzu, dass sich die ganze Sache nicht nur, wie bei den Funken, auch bei den Blitzen mit einer Muskelcontraction erledigte, sondern dass mehrere unmittelbar hintereinander erfolgten, deren Zahl gewissermassen der Zahl der Schläge, welche der Donner gewöhnlich gab, zu entsprechen schien.

Nun treten aber solche Contractionen nicht nur mit den Blitzen auf, sondern auch bei drohendem Himmel und, wenn die Wolken nahe bei den hochgehobenen Conductoren vorüber zogen, entstanden sie unfehlbar von selbst, und, wenn solches eingetreten war, zeigten auch nicht sehr empfindliche Electrometer [**376**] Electricität an und nicht selten konnten Funken von den in die Höhe gestreckten Conductoren gezogen werden. Das verhielt sich anders wenn die Contractionen durch Blitzschläge eintraten; dann bekamen wir meist keine Funken und selbst feinere Electrometer zeigten fast keine Spur von Electricität an.

Derartige Versuche wurden aber nicht nur an todten, sondern auch an lebenden Thieren vorgenommen und in beiden Fällen trat die Erscheinung ein und nichts ist unterlassen worden, was wir bei der künstlichen Electricität versucht haben; aber alles verlief genau auf dieselbe Weise. Ein Unterschied allerdings schien beim ersten Blick nicht bedeutungslos zu sein, dass die präparirten Frösche, welche mit einem passenden Conductor in das gläserne Maschinchen Fig. 6 Taf. 1 geschlossen wurden, durch einen Zwischenraum von dem Conductor der Electrisirmaschine getrennt, beim Ueberspringen des Funkens sich, wie erwähnt, sicher heftig bewegten, beim Hervorbrechen des Blitzes aber gänzlich ruhten, weil die Electricität, wenn überhaupt welche von der electrischen Wolke durch den Conductor auf das Maschinchen übertragen wurde, allzu gering war und einen allzu geringen Theil der äusseren Oberfläche umspannte, sodass sie dann nicht hinreichte, die Contractionen hervorzurufen, oder,

weil vielleicht gar keine auf das Maschinchen übertragen wurde; ebenso blieben die Contractionen sicher aus demselben Grunde beim Ueberspringen des Funkens aus, wenn das Maschinchen nicht nahe bei der Electrisirmaschine, sondern nahe bei jenem Ende des Conductors *EE* Fig. 3 Taf. I aufgestellt war, welches weit von der Maschine entfernt ist.

Es erschien also nach sorgfältiger Prüfung die Wirkungsart der künstlich erregten und der atmosphärischen Electricität ähnlich. Vielleicht ist es, um die Contractionen in dem gläsernen Maschinchen zu erhalten, nöthig, dass die electrische Atmosphäre ganz oder zum grossen Theil dieses Maschinchen umgiebt, was bei der so weit entfernten Aufstellung des Maschinchens in dem Versuch bei weitem nicht der Fall zu sein scheint.

Aber nicht nur für den experimentellen Theil der Erscheinung, sondern auch für die zur Prüfung herangezogenen Gesetze haben wir bestätigt gefunden, dass sie in ganz ähnlicher Weise bei der atmosphärischen Electricität wie bei der künstlich erregten gelten.

Nachdem wir die Wirkung der sogenannten Gewitterelectricität und der Blitze erforscht hatten, kam es uns in den Sinn zu versuchen, was ein im Sommer Abends auftretendes Wetterleuchten bei derartig präparirten Thieren ergeben würde. Wir haben daher ebendieselben Thiere an unseren Conductor geheftet nicht nur [**377**] wenn es blitzte, sondern auch beim Wetterleuchten des Himmels. Es sind aber da niemals Contractionen eingetreten, vielleicht, weil ein derartiges Wetterleuchten von der Electricität nicht abhängt, oder, wenn es damit zusammenhängt, es sehr fern ist oder auf eine andere Art wirkt, als bei Blitzen. Aber darnach würden vor allem die Physiker zu forschen haben.

Dritter Theil.

Die Kräfte der thierischen Electricität in der Muskelbewegung.[1]

Nachdem wir die Kräfte der atmosphärischen Gewitterelectricität untersucht hatten, brannte unser Herz vor Begierde, auch die Macht der täglichen ruhigen Electricität zu untersuchen.

Deshalb, als ich zuweilen bemerkt hatte, wie die präparirten Frösche, welche an dem Eisengitter, welches einen hängenden Garten unseres Hauses umgab, auch mit Messinghaken im Rückenmark versehen aufgehängt waren, in die gewöhnlichen Zuckungen verfielen, nicht nur beim Blitzen, sondern auch bei ruhigem und heiterem Himmel, meinte ich die Entstehung dieser Contractionen sei von den Veränderungen, welche unterdessen in der atmosphärischen Electricität vor sich gehen, herzuleiten. Daher habe ich nicht ohne Hoffnung begonnen, die Wirkungen dieser Veränderungen in diesen Muskelbewegungen sorgfältig zu erforschen und auf die eine und die andere Art darüber Experimente anzustellen. Deshalb beobachtete ich zu verschiedenen Stunden und zwar viele Tage lang dazu passend hergerichtete Thiere, aber kaum jemals trat eine Bewegung in den Muskeln ein. Schliesslich durch das vergebliche Warten ermüdet, habe ich angefangen, die ehernen Haken, welche in das Rückenmark geheftet waren, gegen das eiserne Gitter zu quetschen und zu drücken, um zu sehen, ob durch einen solchen Kunstgriff die Contractionen der Muskeln erregt würden, und ob anstatt einer Veränderung im Zustande der Atmosphäre und Electricität irgendwie sonst eine Veränderung und Wandlung von Einfluss wäre. Ich beobachtete zwar ziemlich häufig Contractionon, aber keine, welche von dem verschiedenen Zustande der Atmosphäre und der Electricität abhing.

Als ich diese Contractionen nur in der freien Luft beobachtet hatte, denn an anderen Orten waren noch keine Versuche angestellt worden, so fehlte nicht viel, und ich hätte der atmosphärischen Electricität, welche in das Thier kriecht und sich daselbst anhäuft und bei der Berührung des Hakens mit dem Eisengitter plötzlich entweicht, solche Con-

tractionen [378] zugesprochen. Denn es ist leicht, sich beim Experimentiren zn täuschen und zu meinen, das gesehen nnd gefunden zn haben, was wir zn sehen und zn finden wünschen.

Als ich aber das Thier in das geschlossene Zimmer übergeführt, anf eine Eisenplatte gelegt und angefangen hatte, gegen letztere den in das Rückenmark gehefteten Haken zu drücken, siehe da, dieselben Contractionen, dieselben Bewegungen! Dasselbe habe ich wiederholt nnter Anwendung von anderen Metallen, an anderen Orten nnd zu anderen Stnnden und anderen Tagen erprobt; und dasselbe Ergebniss, nnr dass die Contractionen bei der Verschiedenheit der Metalle verschieden waren, bei den einen nämlich heftiger, bei den anderen langsamer. Schliesslich kam nns in den Sinn, auch andere Körper, welche aber wenig oder gar keine Electricität leiteten, nämlich aus Glas, Gummi, Harz, Stein oder Holz bestehende nnd zwar trocken zu dem Experiment zn verwenden, nichts ähnliches trat ein, es liessen sich keine Mnskelcontractionen nnd Bewegungen erblicken. Natürlich erregte ein derartiges Resultat bei uns nicht geringe Verwnnderung nnd liess die Vermuthnng in nns anfsteigen, dass dem Thiere selbst Electricität inwohne. Wir wnrden in beiderlei Hinsicht bestärkt dnrch Annahme eines sehr feinen Nervenfluidums, das während der Erscheinnng von den Nerven zn den Mnskeln fliesse, ähnlich dem electrischen Strome in der Leydener Flasche.[2])

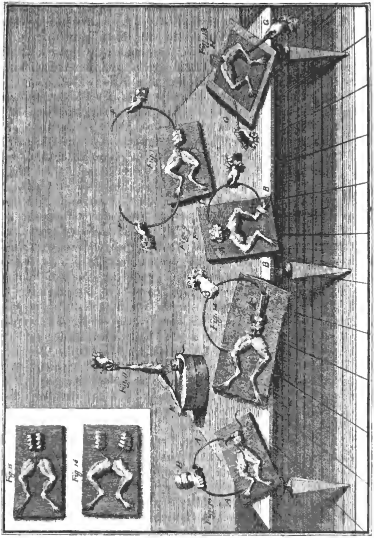
Denn während ich selbst mit der einen Hand den präparirten Frosch an den in das Rückenmark gehefteten Haken hielt nnd zwar so, dass er mit den Füssen auf einer silbernen Kapsel stand, dabei aber mit der anderen Hand an den Deckel der Kapsel, anf der der Frosch mit den Füssen ruhte, oder an ihren Rand mit irgend einem Metallstück stiess, sah ich wider Erwarten den Frosch in starke Zuckungen verfallen nnd zwar jedesmal, sobald ich diesen Kunstgriff anwendete.

Nach dieser Erfahrnng bat ich Herrn Rialpns, einen sehr gelehrten Spanier, ein ehemaliges Mitglied der Gesellschaft Jesu, der damals mit mir auf der Villa des vortrefflichen nnd hochangesehenen Jakob Zambeccari die Landluft genoss, ich bat ihn, sage ich, dass er selbst, wie er stets gefällig bei anderen Experimenten war, so anch hier seine Dienste nnd seine hilfreiche Hand lieh nnd den Frosch hielte, gerade so, wie ich es vorhin selber gethan hatte, während ich wiederum die Kapsel berührte. Ich wünschte solches, sowohl um der

Bequemlichkeit wegen wie auch um die Versuchsanordnung ein wenig zu ändern. Aber wider Erwarten blieben die Contractionen aus. Ich stellte sodann das Experiment wieder wie früher und allein an. Sogleich traten sie wieder ein.

Dies regte mich sehr an, selbst mit einer Hand das Thier, wie [379] früher, zu halten, mit der anderen aber des Rialpus eine Hand und ihn zu bitten, mit seiner anderen Hand die Kapsel anzurühren oder zu stossen, damit dadurch gleichsam eine Art electrischer Kette hergestellt würde. Sogleich trat die Erscheinung der Contractionen ebenso wieder ein, nicht ohne unsere Freude und Verwunderung. Sie blieb jedoch wieder aus, wenn wir unsere Hände trennten, erschien wieder, wenn wir die Hände wieder vereinigten; obgleich dies genügen zu können schien, gleichsam einen electrischen Strom des Nervenfluidums durch die Kette der Menschen zu beweisen, haben wir nichtsdestoweniger, um die bedeutsame Angelegenheit, welche eine solche Neuigkeit in sich barg, mehr und mehr sicher zu stellen, uns entschlossen, Rialpus und ich, nicht nur durch Ineinanderlegen der Hände, sondern auch durch Dazwischenhalten bald eines nichtleitenden Körpers, nämlich eines Glasstabes, bald eines leitenden Körpers, nämlich eines Metallstabes, die Kette zu bilden. Bei dem Versuche aber sahen wir bei Anwendung des Metallstabes zu unserer grössten Freude die Erscheinung eintreten, bei Anwendung des gläsernen aber gänzlich aufhören und die Kapsel vergeblich mit dem leitenden Körper berührt oder mit derben Schlägen erschüttert werden, sodass wir deshalb glaubten festgestellt zu haben, dass die Electricität derartige Contractionen errege, auf welche Weise solches auch zu Stande kommen möge.

Um aber die Sache besser klar zu legen, habe ich mit dem grössten Erfolge den Frosch auf eine nicht leitende Platte, nämlich aus Glas oder Harz, gelegt und bald einen leitenden bald einen ganz oder nur zum Theil nicht leitenden Bogen angewendet und mit dessen einem Ende den in das Rückenmark gehefteten Haken und mit dem anderen entweder die Schenkelmuskeln oder die Füsse berührt. Bei dem Versuche sahen wir bei der Anwendung des leitenden Bogens Fig. 9, Taf. III Contractionen eintreten, dann aber bei der Anwendung des theils nicht leitenden Bogens wie in Fig. 10 ausbleiben. Der leitende Bogen bestand aus einem Eisendraht, der Haken aber aus einem Messingdraht. Nach diesen ferneren



Taf. III. Fig. 9—16.

Entdeckungen schien es uns, dass die Contractionen, welche, wie gesagt, bei den auf eine Metallplatte gelegten Fröschen auftraten, wenn der Haken des Rückenmarks gegen die Platte gedrückt wurde, von einem ähnlichen Bogen stammen müssen, an dessen Stelle gewissermaassen die Metallplatte fungirte, und daher geschehe es, dass jene nicht in Fröschen, die auf einer nicht leitenden Platte lagen, erregt wurden, auch unter Anwendung sonst ganz derselben Kunstgriffe.

Diese unsere Meinung hat eine nicht unwillkommene, zufällig beobachtete Erscheinung deutlich, wenn ich etwas Urtheil habe, befestigt. Wenn nämlich der Frosch an einem Beine hängend mit den Fingern gehalten wird, sodass der in das Rückenmark [**380**] geheftete Haken eine Silberplatte berührt, das andere Bein aber frei auf der Platte gleiten kann, Fig. 11, Taf. III, so werden, sowie dies Bein die Platte berührt, die Muskeln wiederholt zusammengezogen, wodurch sich das Bein hebt, bald aber, von selbst erschlafft und wieder auf die Platte zurückgesunken, gleich wieder zur Berührung mit derselben kommt und deshalb wieder hochgehoben wird, und kurz sich so zu heben und zu senken fortfährt, dass es gewissermaassen einem electrischen Pendel zu gleichen scheint, zur grössten Verwunderung und Freude des Beobachters.

Es ist natürlich nicht schwer einzusehen, wie bequem und leicht das Phänomen mit der Platte wiederholt werden kann, welche gewissermaassen als Bogen diente, der für den oben erwähnten Kreislauf hergestellt ist, wenn das Bein auf diese Platte niederfällt, für diesen Kreislauf aber nicht mehr vorhanden ist, wenn das Bein sich von ihr entfernt hat. Dies sind weder zweifelhafte noch dunkle Beweise darüber, dass die Metallplatte an Stelle des Bogens dient.

Man kann aber kaum sagen, worin die Kraft und Fähigkeit einer solchen Platte zur Erregung derartiger Muskelcontractionen besteht. Wir meinen die Kraft, durch welche die bedeutenden und häufigen Contractionen entstehen, welche auch zuweilen einige Zeit bestehen bleiben, nicht nur wenn der in das Rückenmark geheftete Haken gegen die Platte gedrückt oder auf derselben gerieben wurde, sondern auch wenn der Haken die Platte nur berührte und wenn, nachdem er sie berührt hatte, an seinem Contact mit der Platte etwas geändert wurde, wie wenn man die Platte, auf der das Thier liegt, oder die Körper, auf welchen die Platte liegt, leicht erschüttert.

Bevor sich aber von dem Gebrauch des Bogens nnd seinen Kräften unser Vortrag abwendet, wollen wir nicht unterlassen seine Bedentung und, wenn ich so sagen soll, seine Nothwendigkeit für solche Muskelcontractionen so deutlich als möglich klarzulegen. Dieselben treten nämlich deutlicher und schneller nicht nur mit einem, sondern auch mit zwei Bogen ein, wenn sie so angewendet und angeordnet werden, dass das eine Ende des einen Bogens die Mnskeln, das eine Ende des anderen Bogens in gleicher Weise die Nerven berührt, die beiden anderen Enden aber mit einander Contact haben oder, wenn nöthig, aneinander gerieben werden, Fig. 12. Hierbei ist es merkwürdig, dass die solche Contractionen bewirkende Electricität weder durch die Berührnng der Hände mit beiden Bögen, noch durch die wiederholten Berührnngen der Bögen mit den Körpertheilen des Thieres ausfliesst und sich zerstreut.

[381] Ausserdem aber glückte es uns, dies eigenthümliche und bemerkenswerthe Phänomen zu beobachten, dass nämlich die Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Substanz des Metalls zur Erregung wie auch besonders zur Vermehrung der Mnskelcontractionen viel beiträgt und zwar bei weitem mehr als bei Anwendnng ein und derselben Metallsnbstanz. So z. B. wenn der ganze Bogen eisern war oder der Haken eisern und ebenso die leitende Platte, bleiben nur allzu oft die Contractionen aus oder waren ganz gering. Wenn aber z. B. das eine von ihnen eisern war, das andere aber aus Messing, noch besser, wenn es aus Silber war (Silber nämlich schien nns vor allen übrigen Metallen zum Leiten der thierischen Electricität [3]) geeignet zu sein), traten wiederholt weit grössere nnd andauernde Contractionen ein. Ebenso ging es bei ein nnd derselben Belegung der nicht leitenden Platte. Wenn an zwei von einander getrennten Punkten auf gleiche Weise Folien von verschiedenen Metallen aufgetragen waren, wie z. B., wenn man auf einer Stelle Zinnfolie anwendete, auf der andern Messingfolie, so fallen die Contractionen meist weit grösser aus, als wie bei ein und derselben Metallfolie, auch wenn beide Stellen mit Silber überzogen oder, wie man sagt, belegt waren.

Aus der Entdeckung eines Kreislaufs eines derartigen Nervenflnidums, gewissermaassen eines electrischen Feuers, schien uns naturgemäss zn folgen, dass eine zwiefache und

zwar verschiedenartige oder besser entgegengesetzte Electricität die Erscheinnng hervorruft, wie es eine zwiefache Electricität in der Leydener Flasche nnd im magischen Qnadrat ist, durch welche das electrische Fluidnm in ihnen gleichsam seinen Kreislauf bewerkstelligt. Es kann nämlich, wie die Physiker bewiesen haben, ein Strömen und ein Kreislauf der Electricität nicht stattfinden, ausser bei der Wiederherstellnng des Gleichgewichtes und zwar nur oder meist zwischen verschiedenen Electricitäten. Dass aber jene in ein und derselben Metallplatte verborgen seien, schien der Natur gänzlich zuwiderlaufend und auch den Beobachtungen widersprechend. Es blieb daher nur übrig, dass sie beide in dem Thier sassen. Um aber dem Verdacht zu entgehen, ich könnte beim Experimentiren den Thieren etwas Electricität mitgetheilt haben, habe ich den Messingbogen mit Blattsilber umhüllt und an einen Glasstab gesteckt, den ich in den Händen hielt, während ich mit dem Bogen selbst die Thiere berührte. Bei Anwendung dieser Vorsichtsmaassregel traten nichtsdestoweniger die Contractionen ein.

Nach diesen Versuchen in der freien Lnft dnrchzuckte mich der Gedanke, was mit der Electricität des Thieres[4]) wohl passiren würde, wenn ich das ganze Thier unter Wasser tauchte. Das geschah und wenn, wie gewöhnlich, das Thier mit den Enden des Bogens **[382]** berührt wnrde, mit dem einen nämlich an dem in das Rückenmark gehefteten Eisenhaken, mit dem anderen an den Füssen, so gingen die Contractionen vor sich wie in freier Lnft.

Bei diesem Experimente muss besonders hervorgehoben werden, dass, wenn ich mit eben diesem Bogen oder mit irgend einem anderen leitenden Körper nur den Haken in dem Rückenmark des Thieres, welches unter Wasser verborgen war, berührt hatte, wiederholt Contractionen entstanden; ich schrieb solches natürlich dem Wasser zu, welches die Stelle des Bogens vertrat. Nunmehr tauchte ich das Thier nicht, wie vorher, nnter Wasser, sondern unter Oel, um zu sehen, ob die Contractionen nnter Oel wie nnter Wasser eintreten, oder ob sie gänzlich ausbleiben würden. Ich habe alsdann ebenso wie früher den Haken am Rückenmark berührt. Die Contractionen blieben gänzlich aus, da es nämlich dem Oel nicht möglich ist den leitenden Bogen zu ersetzen, was mich natürlich in der gefassten Meinung nicht wenig bestärkte.

Nach diesen Versnchen nnd Beobachtungen glanbte ich mich ohne Zaudern darüber machen zu können, jene zwiefache nnd entgegengesetzte Electricität in dem präparirten Thier zn finden und zu erforschen, ob die eine in dem Mnskel, die andere in dem Nerven oder beide in einem von beiden ihren Sitz hätten, wie es die Physiker bei dem Mineral Turmalin versichern. Deshalb habe ich mit allem Eifer einen solchen Sitz zu erforschen und zu erspähen gesucht und zuerst, was für eine Electricität die Nerven zeigten. Ich habe das vom Rumpfe getrennte Rückenmark der Frösche, welche ich so frisch getödtet als möglich zum Experiment zubereitet hatte, bald mit einem Glasstab bald mit einer Siegellackstange berührt. Es traten aber niemals bei der ersten Anorduung die Muskelbewegungen ein, wohl aber sobald die letztere angewendet wurde, sogar meist auf vier oder mehr Linien Distanz, wenn nnr das sogenannte Vertebralrohr mit Stanniol belegt war. An Stelle des Glasstabes habe ich auch öfters die Scheibe der Electrisirmaschine mit immer rascheren Umdrehungen verwendet, um zu erfahren, ob der grosse Vorrath an Electricität, welcher in der Scheibe angesammelt war, die Muskelcontractionen erregen würde, welche der Stab nicht hervorrnfen konnte. Aber das Resultat war dasselbe. Nicht die geringsten Muskelbewegnngen traten ein.[5])

Daher wird die Electricität in den Nerven nach den Experimenten positiv seiu, da die Physiker beweisen, dass nur zwischen entgegengesetzten Electricitäten gewisse Wirkungen und Bewegungen eintreteu können.

Dann wandten wir uns zur Erforschuug der Electricität der Muskeln. [**383**] Wir haben dieselben Versuche mit diesen nnd jeneu vorgenommen und weder bei Anwendung der positiven wie der negativen Electricität liessen sich Bewegungeu in den Muskeln beobachten.

Wir sind daher wieder zu der unseren Experimenten willfahrenden Nervenelectricität znrückgekommen nnd haben zum Experimentiren mit ihr Siegellack verwendet, nnter denselben Kunstgriffen, die wir anwendeten, als wir durch Hervorrufung von Fnnken mit jener experimentirten. Fast dieselben Erscheinungen der Contractionen treten auf, nur dass jene weit geringer waren, die mit Siegellack erhalten wurden, als die bei den Funken, natürlich entsprecheud der Kraft der Electricität. Der Nutzen der Coudnctoren war auch derselbe, und die Gesetzmässigkeit war dieselbe, nnd

die Muskelbewegung verlief offenbar nach derselben Proportion.

Da aber nichts geeigneter zur Entdecknng einer so geheimnissvollen nnd schwierigen Sache, wie des Sitzes der beiden Electricitäten, zu sein schien, als die Electricität zu vermehren und anzuspannen, habe ich begonnen über die Methode dies zn erreichen eifrig nachzndenken; nnd unter Führung der Analogie bot sich mir znerst die Methode dar: die Nerven, in denen die Electricität, deren Natnr wir erforscht haben, aufzntreten schien, in eine Metallfolie am besten ans Zinn zu hüllen, ebenso wie die Physiker bei ihrem magischen Qnadrat und der Leydener Flasche zn thun pflegen. Fig. 9, Taf. III.

Dnrch einen solchen Kunstgriff erstarkten merkwürdiger Weise die Contractionen so sehr, dass sie auch ohne Bogen, durch einen einzigen Contact eines Körpers von beliebiger Beschaffenheit, leitend oder nicht leitend, mit dem belegten Nerven, eintraten, wenn nur die Thiere frisch präparirt waren nnd noch Kräfte hatten, ferner dass die Bedeutnng und der Nutzen des Bogens nnd der anderen Knnstgriffe sich als weit grösser erwies nnd die Contractionen schliesslich sehr heftig und andanernd wurden und deutlich fortdanerten bei vor der Section munteren Thieren, anch nach Entfernung des Bogens oder eines anderen Körpers, mit dem die belegten Nerven berührt wurden.

Noch mehr: Die Wirkung und Leistung dieses Kunstgriffes znr Vermehrung der Kraft solcher Electricität war so gross, dass der Kreislauf, welcher sonst kaum nnd nicht einmal kaum bei Anwendung des Hakens nnd des Bogens erschien, so glücklich nnd rasch sich zeigte, dass er nicht nnr dnrch zwei, sondern sogar znweilen dnrch drei und mehr Menschen, welche gleichsam eine electrische Kette bildeten, in den Fröschen ansgelöst wnrde und so die gewohnten Muskelcontractionen erregte, zumal bei heisser [384] Witterung, älteren Thieren, weissen Muskeln und bei einem am Himmel drohenden Gewitter. Wenn aber bei den präparirten Thieren das entblösste Gehirn oder das Rückenmark mit dieser Metallfolie zum Theil bedeckt wnrde, so fingen die Contractionen bei der üblichen Anwendung des Bogens heftig und rasch anfzutreten an, während ich sie doch ohne einen solchen Knnstgriff mit dem Bogen oder anf jede andere Weise zn erregen vorher vergeblich mich bemüht hatte.[6])

Nachdem ich so viel über die Kraft der bei den Nerven angewendeten Zinnfolie zur Vermehrung der Electricität erfahren hatte, beschloss ich auch zu versuchen, was eben diese Folie bei den Muskeln vermöchte. Aber die Contractionen schienen dadurch keine bedeutende Steigerung zu erfahren, — jedoch nicht zn vergessen, dass wir nach wiederholten Versuchen schliesslich bemerkten, dass ein beträchtlicher Zuwachs der Contractionen eintrat, wenn nur die Muskeln, am meisten aber, wenn die Nerven oder das Rückenmark oder das Gehirn berührt wurden, kaum aber einer, wenn sowohl diese Theile wie auch die Muskeln zugleich mit derselben Zinnfolie belegt und die belegten Stellen durch den Bogen verbunden wnrden.

Ferner wurden die Contractionen, nicht nur durch die über das blosgelegte Rückenmark gezogene Metallfolie erhöht, sondern auch, wenn es, von der Wirbelsäule bedeckt, mit ebensolcher Belegung sowohl anssen auf dem Rücken an seinen bis dahin reichenden Muskeln, als auch im Bauch, und ganz besonders an der Stelle, an der die Nerven sich abzweigen, mit solcher Metallfolie versehen wurde. Und nichts machte es aus, ob man mit einem grossen oder kleinen Stück Folie diese Theile und ganz besonders die Nerven bedeckt hatte, es genügte nämlich, wenn man es irgendwo that und diese Stelle mit dem einen Ende des Bogens berührte, mit dem andern aber die Muskeln. An Stelle der Metallfolie wendeten wir mit dem gleichen Nutzen electrisches Amalgam an, indem wir den Nerv entweder mit feinem Pulver bestrenten oder an den Nerv eine aus dem Pulver mit Oel angemachte Pastille klebten. Wenn wir nun ein anderes Metallpulver, wie z. B. Eisen oder Bronze auf dieselbe Weise verwendeten, trat kaum ein Zuwachs der Muskelbewegungen ein.

Nach Auffindnng einer Methode, durch welche die Electricität so viel Zuwachs erfuhr, haben wir dann muthiger und znversichtlicher noch ihren Sitz erforscht. Wir haben daher, indem wir mit derselben Folie bald den Nerven bald den Muskel bedeckten, zuerst den Muskel mit dem entsprechenden Nerven von dem Thier getrennt nnd auf eine nicht leitende Platte gelegt und ihn mit dem Bogen wie immer berührt. Dasselbe thaten wir mit dem unverletzten und mit dem abgeschnittenen Muskel. Seinen einen Theil nämlich haben wir mit einer Metallfolie umhüllt, dann haben wir mit dem belegten Ende des Bogens die belegte Stelle des Muskels

berührt, mit dem anderen den blossen Muskel. [**385**] Aber kaum und nicht einmal kaum war es nns vergönnt mit diesem Versnche zn erreichen, was wir suchten.

Das nnr haben wir bemerkt, dass in dem sammt dem Nerven vom Thier getrennten Mnskel weit geringere Contractionen anftraten, als wenn der letztere in dem Thier an seinem natürlichen Platze gesessen hätte, dass die Contractionen in dem unversehrten Muskel geringer nnd unbedeutender als sonst, und fast gar nicht eintraten, aber doch wenigstens ab und zu nnd einigermaassen stark, wenn mit dem einen Ende des Bogens eine belegte Stelle des Muskels, mit dem anderen eine angrenzende unbelegte Stelle der Oberfläche desselben Muskels berührt wurde. Anders aber kamen bei dem Versuche keine Contractionen zu Stande. Ebenso ging es anch, nur bei weitem schwieriger in der inneren Muskelsnbstanz. Weit leichter nnd rascher aber entstanden die Contractionen, wenn der Bogen bei der Belegung ebenso angewendet, sogar wenn statt des Bogens anch nur ein Endchen eines leitenden Körpers verwendet wurde nnd damit theils der Streifen Metallfolie, theils der blosse Nerv berührt ward.

Dies haben wir versucht, nm den Sitz der Electricität des Thieres zu erforschen, woraus klar wird, dass man die Sache, die man nicht genügend mit Experimenten aufklären konnte, meist den Vermuthnngen überlassen mnss. Wir kommen später hieranf zurück.

Wir werden jetzt manches weiter verfolgen, was sich uns bei nnseren sorgfältigen Forschnngen Bemerkenswerthes über solche Electricität dargeboten hat. Znnächst die Thatsache, dass der Strom, durch die gewöhnliche Electricität angeregt, wie wir erwähnten, bei einer Distanz von einer ziemlich grossen Anzahl von Linien auftritt, aber für sich allein nicht einmal bei der geringsten Entfernung; es wird sogar immer der Contact erfordert, nm eine Wirknng zu erzielen. Uebrigens sahen wir die Contractionen sicherer, rascher nnd stärker eintreten, wenn das Ende des Bogens nur den änssersten Rand des die Nerven oder die Muskel bedeckenden Metallstreifens berührte, ebenso stärker, wenn der Bogen das Ende des Hakens, als wenn er seine übrigen Theile berührte. Somit scheint die thierische Electricität der gewöhnlichen nnd vnlgairen, deren eigenthümliches Bestreben es ist, die Winkel und Spitzen aufzusnchen und auszuwählen, sehr ähnlich zn sein.[7])

Diese, wie ich meine, so klaren nnd deutlichen Anzeigen einer Electricität in den Nerven nnd Mnskeln haben nns Muth eingeflösst, das eine und das andere noch eingehender zu erforschen. Daher habe ich zunächst, anstatt mit der schon erwähnten Metallfolie, mit nicht leitender Materie die Nerven und Muskeln an einem Theil bedeckt, nämlich mit Seidenzeng, das mit Oel, in dem Pech anfgelöst war, [386] gänzlich getränkt war, nm zu sehen, ob die Contractionen bei der Anwendung des Bogens wohl ausblieben oder nicht. Sie blieben schlechterdings gänzlich aus. Man musste in der That Seidengewebe anwenden nnd auf die genannte Weise dasselbe präpariren, nm die Contractionen zu hindern; denn Seide allein genügte nicht, weil sie sich ja leicht mit leitender Thierlymphe tränken und befeuchten würde, und auch Oel allein nicht, da ja der Bogen dann mit seinem Ende die Stelle so treffen würde, dass er ganz zum völligen Contact mit dem unter ihm liegenden Theile käme.

Ferner prüften wir, ob solche Electricität auch darin der gewöhnlichen Electricität folgte, dass sie sich durch gewisse leitende Körper leichter, durch andere schwerer einen Weg bahnte. Wir sahen aber, dass sie ihr fast regelrecht folgte und dass zunächst die eine und die andere leichter durch Metalle, als dnrch Holz ihren Weg fand, unter den Metallen bei weitem am leichtesten durch Gold nnd Silber, schlechter dnrch Blei und Eisen, am besten, wenn es verrostet war, so dass, wenn der Bogen oder die Platten, welche an Stelle des Bogens dienten, ans Metallen zusammengelöthet waren, und vor allem wenn sie mit Silber, das am besten leitet, oder mit sehr dünner Folie davon bedeckt wurden, die Erscheinnngen der Contractionen weit deutlicher und rascher auftraten, als wenn dieselben beispielsweise aus Blei oder Eisen hergestellt waren. Nach der Untersuchung der Leitfähigkeit fester Körper haben wir dieselben Versuche auch mit flüssigen Leitern angestellt; und die Sache verhielt sich fast ebenso. Denn wir fanden, dass solche Electricität am leichtesten dnrch wässerige sich ihren Weg bahnt, aber gänzlich aufgehalten und gehindert wird durch ölige Substanzen. Um dies zu probiren, haben wir kleine Glasröhren angewendet, deren eines Ende wir durch eine Masse verstopften, durch die ein silberner oder kupferner mit Stanniol bedeckter Draht so hindurchgesteckt wurde, dass er anf der einen Seite in dem Hohlranm der Röhre endete, auf der anderen aber von ihr

weit weggeführt wurde. Die Röhren füllten wir mit der zum Experiment hergerichteten Materie aus, nämlich bald mit wässeriger bald mit öliger, und schlossen sie am anderen Ende durch einen ähnlichen Kunstgriff und versahen sie auf dieselbe Weise mit einem ähnlichen Metalldraht. Bei solcher Anordnung verwendeten wir derartige Röhren so, dass wir entweder den ganzen Bogen aus gekrümmten Metalldrähten oder nur einen Theil des Bogens daraus herstellten, dessen Enden wie gewöhnlich das Thier berührten.

Bei Anwendung dieser Röhren Fig. 14 Taf. III traten keine Contractionen ein, sobald jene mit Oel gefüllt waren, sie traten jedoch ein, wenn sie Wasser enthielten.

[387] Nichts aber schien mir mehr Nutzen aus diesen Versuchen zu versprechen, als die Fähigkeit des Leitens und des Nichtleitens auch in den verschiedenen Theilen des Thieres zu untersuchen. Bei Anstellung des Versuches aber erfuhren wir, dass alle Theile der ganz zerschnittenen Thiere unstreitig frei leiten und solche Electricität bequem übertragen, vielleicht wegen der Feuchtigkeit, mit der sie von Natur oder beim Seciren und Präpariren bespült wurden. Denn wenn die verschiedenen frisch auseinander geschnittenen festen Theile, wie die Muskelfasern, Knorpel, Nerven, Knochen, Häute oder die flüssigen, wie das Blut, die Lymphe, das Serum, der Urin auf einer Glasplatte auseinander genommen oder in die schon erwähnten Röhren geschlossen, die präparirten und besonders die belegten Nerven berühren und eben diesen Theilen dann das eine Ende des Bogens angepasst, das andere aber an die Muskeln geführt wird, traten sicher Contractionen ein, wie wenn des Bogens Ende bei den Nerven selbst angewendet worden wäre. Eben dasselbe sahen wir auch eintreten, wenn die Einrichtung umgekehrt angeordnet ward, indem die schon erwähnten Theile nicht den Nerven, sondern den Muskeln angefügt worden, der Bogen aber mit dem einen Ende an diese Theile, mit dem anderen Ende an die präparirten Nerven geführt wurde. Anders sahen wir die Sache sich gestalten, wenn jene festen Theile nicht frisch abgeschnitten, sondern entweder von Natur trocken waren oder erst getrocknet wurden. Aber die Erscheinung trat nicht nur mit diesen künstlich hergerichteten Theilen ein, sondern auch, wenn die Theile in den Thieren sich in ihrer natürlichen Lage befanden oder doch in einer nicht allzusehr davon abweichenden. Wenn das eine Ende

des Bogens die isolirten, am besten belegten Nerven, das andere einen andern beliebigen, nnversehrten im Naturznstande befindlichen Körpertheil berührte, trat das Phänomen, sobald nur die Mnskeln in ihm ebendenselben Nerven entsprachen, beinahe ebenso ein, wie wenn das obere Ende des Bogens die Muskeln selbst berührte. Nicht ohne einiges Erstannen aber fanden wir sowohl bei Nerven als auch bei Muskeln, dass wenn sie von einander abgeschnitten nnd getrennt waren und dann wieder künstlich vereinigt wurden, dieselbe Erscheinnng eintrat. Wenn nämlich, nachdem die Frösche wie gewöhnlich zngerichtet und ihr Vertebralrohr mit Stanniol belegt war, die Glieder aber mit dem Messer so von einander getrennt wurden, dass jedes Glied mit dem ihm entsprechenden Nerven vereinigt blieb, dann ein Bein von dem anderen weit entfernt ward, Fig. 15, Taf. III, und das eine Ende des Bogens dann an das Vertebralrohr geführt wurde, das andere an die Mnskeln oder nur an den Fnss eines Beines, dann bewegten sich nnd zogen sich nur die Muskeln eines Beines zusammen. [**388**] Wenn aber dieselben Glieder wieder sorgfältig zusammengefügt werden, so dass sie zu gegenseitigem Contact kommen, dann der Bogen auf dieselbe Weise angewendet und ganz an denselben Schenkel gelegt wird, so bewegen sich nnd ziehen sich alle Muskeln beider Beine zusammen. Ganz dasselbe geschieht, wenn bei der Gabelung das Vertebralrohr zusammen mit dem Rückenmark durchschnitten wird, und dann die Theile des zerschnittenen Rückenmarkes mit ihren entsprechenden Nerven von einander getrennt, die Glieder aber in natürlicher Lage vereinigt werden. Dann verfallen nämlich die Muskeln des einen Beines nur dann in Contractionen, wenn das eine Ende des Bogens nnr den einen der erwähnten Theile des Vertebralrohres berührt, das andere den entsprechenden Schenkel, die Mnskeln aber beider Beine verfallen in Znckungen, sobald die Theile des zerschnittenen Rückenmarkes wieder künstlich vereinigt sind, nnd der Bogen mit seinem einen Ende ein Bein, mit dem anderen aber diese vereinigten Theile berührt. Ganz dieselben Erscheinungen treten auf, wenn der Rumpf des präparirten Thieres nnverletzt ist, oder wenn er mitten von oben bis unten durchschnittten ist, wenn nnr die gesammten Theile kunstvoll und sorgfältig wieder zusammengefügt und zur gegenseitigen Berührung gebracht werden. Fig. 16, Taf. III.

Diese Erscheinungen können offenbar nicht erklärt werden ohne die Annahme, dass die zwischengelagerte Flüssigkeit der umlaufenden Electricität einen Zugang und Uebergang ermöglicht. Ob dieser Gedanke wohl etwas Licht auf den bisher dunklen Grund und Hergang des Zusammenwirkens der Nerven wird werfen können? Wenn doch befähigtere Physiologen einmal darnach forschen wollten! Aber nichts ist vielleicht zum Beweise der Kraft dieses Zusammenwirkens geeigneter, als dass, wenn die Schenkelnerven wie gewöhnlich bei Fröschen hergerichtet werden, das Rückenmark und der Kopf unversehrt und ebenso die oberen Glieder in ihrem natürlichen Zustande gelassen werden, und an einer Stelle der Schenkelnerv oder das Vertebralrohr belegt und mit dem Bogen einestheils die belegte Stelle, anderntheils das betreffende Bein berührt wird, nicht nur die unteren Glieder zusammengezogen werden, sondern auch die oberen sich bewegen. Es bewegen sich die Augenlider, es bewegen sich einige Theile des Kopfes; es scheint also das durch die Berührung mit dem Bogen bewegte electrische Nervenfluidum zwar zum grössten Theil von der bezeichneten Stelle der Nerven nach den Muskeln zu fliessen, aber zum Theil auch durch die Nerven nach oben zu gelangen und bis zum Gehirn geleitet zu werden und in demselben seine Kraft zu bethätigen, so dass von da die Erregung der übrigen Muskelbewegungen ausgeht.

Obgleich nun an der durch Experimente, Analogie und Vernunftsgründe sicher gestellten thierischen Electricität, **[389]** an ihrer Anwesenheit und Bewegung in Nerven und Muskeln oder an ihrem Ausströmen von diesen oder jenen oder beiden und an dem freien Austritt durch angelegte leitende Körper kaum und nicht einmal kaum zu zweifeln statthaft zu sein scheint, und obgleich wir einsehen, dass unseren Experimenten Glück und Fleiss eine nicht geringe Ausbeute gewährt hatten, indem es uns vielleicht zuerst eine Methode finden liess, wie man diese Electricität förmlich vor Augen führen, aus den Thieren herausbringen und gleichsam mit Händen fassen könnte, schien uns die Sache nichtsdestoweniger, wie wir bekennen wollen, weder ordentlich bewiesen und mit allen Zahlen belegt, noch genügend dem Reich der Hypothese entrückt zu sein, wenn es uns nicht gelänge die Art und Weise zu ergründen, wie dieselben Contractionen erhalten werden können, ohne dass die Nerven und Muskeln auf irgend

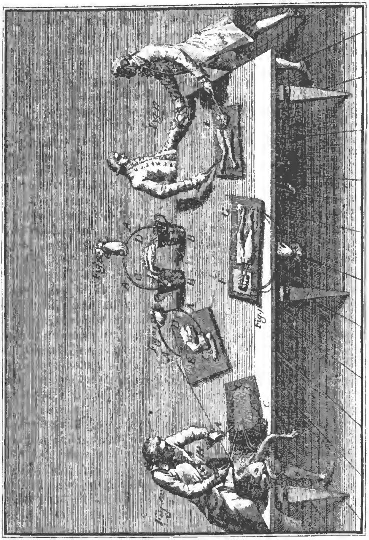
eine Weise und mit irgend einem Körper in Berührung ständen. Wir fürchteten nämlich, dass die Phänomene auf irgend eine Art einer mechanischen Reizung mittelst des Bogens oder mittelst der anderen Instrumente zugeschrieben werden könnten, sodass bei diesen Versnchen alsdann von dem sehr feinen electrischen Fluidum, welches durch die Nerven fliessen und Muskelcontractionen erregen sollte, keine Rede wäre. Ich wollte desshalb versnchen, ob, wenn man mit der einen Belegung des magischen Quadrats, wie z. B. der oberen, die Nerven, mit der nnteren aber die Muskeln in Verbindung setzte, Fig. 20, Taf. IV, oder nmgekehrt wie Fig. 13, Taf. III mit dem einen Ende des Bogens jene, mit dem anderen diese Belegung an einer von den so angeordneten Körpertheilen sehr entfernten Stelle berührt, Contractionen eintreten würden oder nicht. Ans einem solchen Experiment würde ich leicht ersehen können, dass, wenn das von den Nerven ansgehende Fluidum electrisch wäre und durch seinen Uebergang von den Nerven zu den Mnskeln Contractionen veranlasst würden, es so wäre, wie wenn man mit dem Bogen die Mnskeln nnd Nerven selbst berührte, ohne dass jedoch der Verdacht der Anwendung eines mechanischen Reizes entstehen könnte. Bei Anstellung des Versnchs haben wir nicht ohne einige Freude Contractionen constatirt, während sie bei derselben Methode ausblieben. wenn die auf den Harz- oder Glasplatten nach Art der Physiker hergestellten Belegnngen sich auf ein nnd derselben Seite der Platte befanden, wenn sie nur durch irgend einen Zwischenranm von einander getrennt waren, so dass die Nerven auf einer von jenen Belegungen, die Muskeln auf der anderen lagen und durch keinen dazwischen liegenden leitenden Körper eine Verbindnng hergestellt war. Fig. 18, Taf. IV.

Wir haben aber ansserdem bei diesem Verfahren beobachtet, dass die Contractionen erhalten wurden, ohne dass die Muskeln oder Nerven nach der gewohnten Methode mit Metallfolie belegt waren. Schliesslich traten sie auch ein, [390] wenn in einem Glas das Rückenmark z. B. oder die Nerven, in einem anderen die Füsse im Wasser lagen, dann mit den Enden des Bogens wie gewöhnlich beide Wasseroberflächen berührt wurden, Fig. 19, Taf. IV.

Bei dieser Gelegenheit nntersuchten wir, was geschehen würde, wenn die Mnskeln auf einer belegten Glasplatte, das Rückenmark aber in sein Vertebralrohr eingeschlossen mit den Nerven znsammen auf einer leitenden Platte mit einem

Haken versehen oder wie gewöhnlich belegt lag, ferner was eintreten würde, wenn man das Experiment umgekehrt anstellte, nämlich das Rückenmark auf die Glasplatte nnd die Mnskeln anf die leitende Platte legte, und den Bogen wie bei dem obigen Experiment an zwei verschiedenen Pnnkten anbrächte, von denen der eine znm Rückenmark, der andere zu den Muskeln gehörte, nnd schliesslich was geschehen würde, wenn sowohl jenes als auch besonders die Muskeln auf ein nnd derselben belegten Glasplatte ausgebreitet würden. Die Contractionen wnrden langsamer und schwerer erregt, wenn die Muskeln auf der Glasplatte lagen, das Rückenmark aber auf der leitenden Platte, dagegen traten sie heftig auf, wenn das Rückenmark auf der Glasplatte, die Muskeln auf der leitenden lagen; weit heftiger und andauernder aber, zuweilen von selbst und auch ohne Anwendung des Bogens nnd sich gewissermaassen wiedererzeugend, wenn sowohl die Muskeln wie die Nerven auf derselben belegten Glasplatte lagen, besonders wenn eine leichte Erschütterung oder Bewegung der belegten Glasplatte herbeigeführt wnrde, wobei die Rümpfe der Thiere geradezu in schweren Starrkrampf zn verfallen schienen.

Wenn man nun diese Erscheinnngen mit denen verglich, deren Auftreten wir im Anfang erwähnten, wo nämlich die Muskeln nnd das Rückenmark auf derselben leitenden Platte lagen nnd die Contractionen durch eine Pressnng des Hakens gegen jene Platte oder auf eine andere der erwähnten Arten entstanden, so erkannte man, dass dieselben damals weit geringer waren, als jetzt, wenn ähnliches anf der belegten Glasplatte vorgenommen wurde; ein nicht nnbedentendes Argument dafür, dass die thierische weniger als die gewöhnliche allgemein verbreitete Electricität durch die leitenden Körper sich verliert, jedoch durch die nicht leitenden ebenso eingeschränkt wird und sich anhäuft, als jene, was in den Experimenten, welche folgen, weit klarer als bisher, wenn ich etwas Urtheil habe, bewiesen werden wird. Denn ehe ich meiner Hände Arbeit von diesen Experimenten zurückziehe, wollte ich versnchen, ob dieselben Contractionserscheinungen nicht nur bei Anwendung von Platten aus Glas oder Harz auftreten, sondern anch bei solchen aus Marmor und zwar mit gnter Politur, um mir den Zweifel zu nehmen, welchen ich oft hegte, **[391]** ob nämlich die Contractionen, die ich von der thierischen Electricität herleitete, nicht eher von der



Taf. IV. Fig. 17 — 21.

Electricität der belegten Platte aus Glas oder Harz ausgingen. Als ich nun mit den belegten Marmorplatten alle diese Versuche, wie bei denen aus Glas oder Harz, anstellte, glückten sie alle ebenso, aber die Contractionen wurden langsamer, so dass dieselben Kunstgriffe angewendet werden mussten, durch welche die Kraft der die Contractionen erregenden thierischen Electricität vermehrt wird. Daher habe ich oft die eine Belegung der einen Marmorplatte oder einen Theil der Belegung ein und derselben Platte — es ist nämlich dasselbe, ob man zwei Platten anwendet oder eine durch die Belegungen in Theile getheilte — mit einem Metall z. B. Zinn oder Silber, die andere mit Bronze oder Messing herstellen müssen, damit die Contractionen einträten, vielleicht weil die thierische Electricität wie die gewöhnliche, allgemeine weniger gern von Marmor als von Glas- und Harzsubstanzen festgehalten zu werden pflegt. Eins aber darf nicht mit Stillschweigen übergangen werden, dass das eine Ende des Bogens, wenn es aus nicht leitender Substanz hergestellt wird, und man wie oben die belegten Platten berührt, gar keine Contractionen erregt. Sie werden aber erregt, wenn dasselbe Ende oder ein anderer nicht leitender Körper an die belegten Nerven oder das Rückenmark, wie wir schon erwähnt haben, angelegt wird. Weil uns aber das schon bei todten Fröschen und herausgeschnittenen Nerven wunderte, hat es uns angeregt, dasselbe Experiment auch an lebenden sowohl mit unverletzten als auch mit herausgesecirten Nerven zu versuchen. Daher haben wir, nachdem die Hüllen abgetrennt und der Schenkelnerv entblösst und belegt war, sobald jener ganz bloss lag, an der Stelle des Schenkels, welche mit der Kniekehle verglichen werden kann, den Bogen wie gewöhnlich mit eben diesen Nerven, wie auch besonders mit den Muskeln in Berührung gebracht. Contractionen traten nicht selten ein. Sie traten aber immer ein, wenn der Nerv herauspräparirt und blossgelegt war und auf eine belegte Glasplatte geführt wurde und dann der Nerv oder nur die Platte und die Muskeln auf dieselbe Weise mit dem Bogen berührt wurden. Sie blieben ganz oder zum grossen Theil aus, wenn die Platte, auf der der Nerv ausgebreitet lag, leitend und auf keine Weise isolirt war, so dass deshalb festzustehen scheint, dass die Aeusserungsweise der thierischen Electricität dieselbe ist bei lebenden wie bei todten Thieren.

Bei so vielen und, wie ich meine, nicht unbedeutenden

Beweisen für die Kräfte der thierischen Electricität wollte ich versuchen, ob die gewohnte Präparirung der Nerven oder ihre Trennung von den übrigen Theilen etwas zum Sammeln und Zugänglichmachen ihrer Kräfte, wie es bei der äusseren, gewöhnlichen Electricität, geschieht, beitragen würde. [392] Ich fand in der That, dass sie sehr viel dazu beitrug. Denn, wenn ich nur den Schädel und das Vertebralrohr geöffnet, das übrige Thier aber unverletzt gelassen und nur das Gehirn oder das Rückenmark mit feinem Stanniol belegt hatte, und wenn dann das eine Ende des Bogens den belegten Theil, das andere den Schenkel berührte, so traten zwar einige Contractionen in den obern, aber keine, oder kaum welche in den unteren Gliedern auf. Kaum merklich aber und allmählich traten einige ein, je nachdem bei den abgehäuteten und ausgeweideten Thieren die Nerven mehr und mehr von den Nachbartheilen getrennt wurden, bis schliesslich, nachdem die Nerven gänzlich von denselben getrennt und frei nur von Luft umgeben waren, jene stark und heftig eintraten und zwar bei Anwendung desselben Bogens und auf ganz dieselbe Weise, so dass daraus klar hervorzugehen scheint, dass vielleicht der thierischen Electricität Wege und Zugänge von den Nerven zu den Muskeln durch die Feuchtigkeit oder durch die die Nerven durchziehenden Blut- und Lymphgefässe offen stehen, und, wenn nach ihrer Durchschneidung die Nerven frei und isolirt sind, die Electricität zur Bewegung frei verwendbar nach der belegten Stelle ganz oder zum grossen Theil zusammenfliesst und mit Hilfe des Bogens ihren Kreislauf durch die Muskeln und Nerven erfüllt und Contractionen hervorruft und zwar weit grössere, als vor einer solchen Zurichtung.

Eine solche neue Erscheinung scheint ein nicht unbedeutendes Beweismittel für die thierische Electricität zu liefern und es kann leicht daraus die Anschauung erwachen, dass die Beschleunigung des Blutes und der Umlauf der Flüssigkeiten bei den Muskelbewegungen ganz besonders oder doch zum Theil von der Electricität abhängt, welche von den Nerven nach den Gefässen fliesst und in deren Flüssigkeiten eine Bewegung erregt. Wenn dieser Vermuthung Raum gegeben werden darf, könnte man vielleicht irgendwie eine Ansicht dafür ableiten, warum bei den Greisen, bei denen viele Gefässe verwachsen sind, die Electricität reichlicher durch die Nerven nach dem Gehirn aufsteigt und es nicht selten schwer verletzt, wodurch das Greisenalter auch deshalb

der Paralyse und Apoplexie und anderen derartigen Krankheiten ausgesetzt ist. Aber darüber anderen Orts.

Nichts schien uns förderlicher, einen Nutzen aus unseren Studien zu ziehen, als unsere bisherigen Versuche mit Kaltblütern auch auf die Warmblüter eifrig auszudehnen.

Denn ich erkannte leicht, wenn sich das, was ich gefunden hatte, nur auf die Kaltblüter bezog, ich nur deren vielleicht gar nicht nutzbar zu machende Eigenthümlichkeiten gefunden hätte, [**393**] wenn es sich aber bei den Warmblütern finden liesse, bot sich mir die wichtige Aussicht dar, nicht wenig dazu beizutragen, die Wirkungsweise und Natur der Muskel- und Nervenkräfte, wenn auch nicht offen klar zu legen, so doch mehr aufzuhellen, was wohl nicht ohne Vortheil für die Physiologie und Nutzen für die Medicin sein dürfte. Bei den Versuchen mit Geflügel und Vierfüsslern traten die Erscheinungen nicht nur einmal, sondern öfters nach Wunsch ebenso ein, wie bei Kaltblütern, Fröschen und Schildkröten, ja sogar leichter, und sie waren weit deutlicher. Dabei konnte man noch das Eigenthümliche bemerken, dass bei dem lebenden Thier, nämlich einem Lamm, nachdem der Schenkelnerv durchschnitten, die Metallfolie aufgelegt, und er auf eine belegte Glasplatte ausgespannt war, die Contractionen auch ohne den Kunstgriff mit dem Bogen, schon durch die Berührung eines leitenden Körpers mit der Platte eintraten; wenn der Nerv aber auf eine Metallplatte ausgespannt war, wurden sie nie erregt, ausser wenn der Bogen in der gewöhnlichen Weise bei den Thieren angewendet wurde.

Wie aber kann klarer und sicherer bewiesen werden, dass die thierische Electricität von den Nerven auf die berührenden Körper übergeht und nicht anders, als die allverbreitete, gewöhnliche Electricität es zu thun pflegt, in nicht leitenden Substanzen sich sammelt, in leitenden sich zerstreut? Dies ist es, was wir durch Experimentiren gefunden haben.

Wir möchten unsere Leser zunächst daran erinnern, dass die von uns entdeckte thierische Electricität, wie in vielen anderen Eigenthümlichkeiten, so am meisten in ihrer Unbeständigkeit, Wandelbarkeit und einer gewissen Erneuerungsfähigkeit nach einer bestimmten Zeit mit der gewöhnlichen Electricität nicht wenig übereinstimmt. Denn die Contractionen unterscheiden sich sehr von einander, am meisten in diesem letzten Theil der Experimente nicht nur nach der verschie-

denen Art der Thiere, sondern auch nach der Verschiedenheit ihrer Natur, ihres Alters, ihres Zustandes und ihrer Stärke, so dass sie bei manchen sehr rasch und bedeutend auftreten, bei andern spärlich und kaum bemerkbar. Ebenso sind Unterschiede je nach der Jahreszeit und besonders je nach dem Wetter vorhanden. Denn im Sommer und bei mit Blitzen drohendem Himmel pflegten die Contractionen grösser und rascher aufzutreten, als im Winter und bei klarem Himmel, auch fanden wir, dass dann jene Kraft, durch welche sie erregt wurde, rascher erlosch. Ebenso waren sie grösser und schneller bei einem älteren als bei einem jüngeren Thier, bei einem lebhafteren als bei einem stumpferen, schliesslich auch bei blutleeren und blassen Muskeln grösser, als bei vollblütigen, rothen Muskeln.

[394] Ausserdem sind die Contractionen in ein und demselben Thier bald gross, bald klein und bleiben zuweilen auch ganz weg. Wenn sie einmal bei den ersten Versuchen glücken, glücken sie öfters bei weiteren.

Eine grosse Verschiedenheit der Wirkungen oder Contractionen zeigt sich nicht nur in grossen, sondern auch in kurzen Zeiträumen.

Endlich vermehrten nach einer gewissen Zeit der Ruhe die Contractionen sich zuweilen wieder ganz von selbst und erstarkten, die scheinbar ganz verschwundenen stellten sich wieder ein, während doch den äusseren Ursachen kaum etwas neues hinzugefügt und an ihnen nichts bemerkbar geändert wird, gerade wie durch Ruhe und Erholung nach einer gewissen Zeit die durch wiederholte Experimente zerstreute Electricität des magischen Quadrates oder der Leydener Flasche sich wieder herzustellen und zu erholen scheint.

Damit diejenigen, welche Versuche dieser Art anstellen, den Gebrauch und Nutzen des Bogens erkennen, sei besonders hervorgehoben, dass, sobald die Contractionen ausblieben, welche durch die Berührung vor allem der belegten Nerven zuweilen mit jedem beliebigen wenn nur leitenden Körper erregt werden, man dieselben noch einmal sich erneuern sieht, sobald man zum Gebrauche des Bogens seine Zuflucht nimmt. Will man aber eben diesen Bogen an die belegten Oberflächen der Platte halten, so soll man ihn sogleich oder sehr bald nach der Präparirung des Thieres in Gebrauch nehmen. Wir erwähnen solches, damit bei Wiederholung

unserer Versuche man in der Beurtheilung der Kräfte der Contractionen und der Electricität sich nicht täusche oder uns für getäuscht halte. Wer diese Versuche mehrmals anstellt, wird öfters dasselbe finden, was wir durch Uebung und Experimentiren an Erscheinungen bekommen haben.

Vierter Theil.

Einige Vermuthungen und Schlussfolgerungen.

Nach den bisher erkannten und erforschten Thatsachen steht es, meine ich, genügend fest, dass den Thieren Electricität innewohnt, welche mit Bartoloni und anderen wir mit dem Gattungsnamen »Thierische« zu benennen uns erlaubten. Dieselbe ist, wenn auch nicht gerade in allen, so doch in den meisten Bestandtheilen [395] der Thiere enthalten, aber in den Muskeln und Nerven macht sie sich am ansehnlichsten bemerkbar. Ein ihr eigenthümliches, früher nicht bekanntes Characteristicum scheint es zu sein, dass sie ein heftiges Bestreben hat, von den Muskeln zu den Nerven oder lieber von letzteren zu ersteren zu wandern und sich dorthin durch den Bogen oder die Menschenkette oder irgend einen anderen Körper zu schleichen und von den Nerven zu den Muskeln auf einem möglichst kurzen und bequemen Wege zu gelangen, und dass sie sehr schnell durch dieselben von jenen zu diesen eilt.

Daraus scheint aber vor allem zweierlei hervorzugehen, dass es nämlich in diesen Theilen eine doppelte Electricität giebt, die eine positiv, wie man annehmen muss, die andere negativ und dass die eine von der anderen von Natur gänzlich verschieden ist, zweitens, dass beim Gleichgewicht keine Bewegung, kein Ausströmen von Electricität, keine Erscheinung einer Muskelcontraction vorhanden ist.

In welchen von den erwähnten Theilen die eine Electricität, in welchem die andere sitzt, ob die eine in den Muskeln, die andere in den Nerven oder beide in ein und demselben, dem Muskel, und von welcher Seite aus sie fliesst, ist natürlich schwer festzustellen. Wenn man jedoch bei dieser Dunkelheit des Thatbestandes eine Ansicht haben darf, so möchte ich dazu hinneigen, den Sitz beider Electricitäten in die Muskeln zu verlegen.

Wenn es auch zur Hervorrufung der Muskelcontractionen meist nöthig ist, das eine Ende des Bogens ausserhalb der Muskeln an die Nerven anzulegen, das andere an die Muskeln,

so scheint daraus doch noch nicht zu folgen, dass die Nerven reich an eigener Electricität sind, ebenso dass die eine Electricität in ihnen, die andere in den Muskeln ihren Sitz hat; wie auch bei der Leydener Flasche, obgleich das eine Ende des Bogens der ännsseren Belegnng der Flasche, das andere ihrem Conductor genähert zu werden pflegt, so dass das Ueberspringen der Electricität von der einen zn der anderen Belegung stattfindet, es doch keineswegs zu behaupten erlanbt ist, dass die Electricität, welche sich in dem Conductor zeigt, eine besondere und von der, welche auf dem Boden der Flasche gesammelt ist, verschieden sei; letztere ist überall auf der unteren geladenen Fläche verbreitet und beide Electricitäten sind, obgleich entgegengesetzt, in derselben Flasche enthalten.

Wenn die grosse Anzahl von Contractionen, welche bei den präparirten Thieren auftritt, beachtet wird, welcher durchaus nicht jene geringe Menge Electricität, die in dem kleinen bei der Section an dem präparirten Muskel übriggebliebenen Nervenstück enthalten sein würde, entsprechen kann, wenn man ausserdem die vielen von den thierischen Functionen hergenommenen Beweisgründe in Betracht zieht, welche [**396**] dentlich darauf hinweisen, dass das von uns als electrisch gekennzeichnete Nervenfluidnm frei und sehr schnell durch die Nerven fliesst, wenn schliesslich eine nicht dunkle oder erkünstelte Erklärung der Erscheinungen durch die Annahme erreicht wird, 'dass beide Electricitäten nur in den Mnskeln sitzen, wie wir nachher zeigen werden, so liegt es nahe zu vermuthen, der Muskel sei der eigentliche Sitz der von uns entdeckten Electricität, der Nerv aber fungire nur als Conductor. Dies angenommen wäre vielleicht die Hypothese zutreffend, die Muskelfaser sei gewissermaassen eine kleine Leydener Flasche oder ein anderer ähnlicher electrischer, mit doppelter und entgegengesetzter Electricität geladener Körper, der Nerv aber sei mit dem Conductor der Flasche und deshalb der ganze Muskel gleichsam mit einer Batterie Leydener Flaschen zu vergleichen; hiermit wäre die Wahrheit vielleicht nicht so ganz verfehlt. Dass es nicht wahrheitswidrig ist, eine zwiefache und entgegengesetzte Electricität in ein und demselben Muskel sitzend anznnehmen, wird ein Jeder zugestehen, der gesehen hat, wie die Muskelfaser, obgleich beim ersten Anblick sehr einfach, doch aus verschiedenen festen, wie flüssigen Theilen zusammengesetzt

ist, welche eine nicht unbedeutende Abwechselung in der Substanz bedingen müssen. Sicher erinnert die Empfindung deutlich daran, dass die Nervensubstanz, welche auch in jedem Punkte der Faser vorhanden ist, von der der Muskeln ganz verschieden befunden wird. Wenn nun diese Nervensubstanz weder in jedem Punkte der Muskelfaser einen Nerv aufweist noch mit Augen wahrnehmbar ist, sondern nur durch das Gefühl erkannt wird, was hindert da anzunehmen, dieselbe sei von der Substanz des sichtbaren Nerven wenigstens zum Theil verschieden oder auf eine abweichende Art zusammengesetzt und habe deswegen vielleicht eine electrische Natur, der leitende Nerv aber setze sich ausserhalb der Muskelfaser fort. Diese Ansicht wird aber vielleicht aus dem, was wir etwas später über die Nerven sagen werden, klarer hervortreten.

Viel weniger aber wird Jemand die zwiefache Electricität in ein und derselben Muskelfaser leugnen können, wenn er deutlich gesehen hat, dass eben diese Faser einander entgegengesetzte Flächen hat, nämlich eine äussere und eine innere, sei es nun, dass man die Hohlheit, die einige ihr zuschreiben, oder die Verschiedenheit der Substanz, aus der sie zusammengesetzt ist, ins Auge fasst, welche beide nicht ohne diverse Grübchen und Flächen der Muskelsubstanz vorhanden sein können.[8])

Wenn man schliesslich sein Augenmerk dem Mineral Turmalin flüchtig zuwenden wollte, in dem, wie nach den Entdeckungen neuerer Forscher anzunehmen wäre, eine zwiefache und entgegengesetzte Electricität gefunden wird, [**397**] würde man darin einen neuen der Analogie entnommenen Grund sehen können, aus dem nicht ohne Berechtigung diese Anschauung hergeleitet werden könnte. Aber wie sich die Sache auch verhalten mag, wir glaubten eine solche Uebereinstimmung der Gründe und Erscheinungen zwischen dem Ausströmen des electrischen Fluidums bei der Leydener Flasche und bei unseren Contractionen bemerkt zu haben, dass wir von dieser Hypothese und diesem Vergleich kaum und nicht einmal kaum Abstand nehmen und uns nicht versagen konnten, dieses und jenes Phänomen ähnlichen Ursachen zuzuschreiben.

Denn bei Anwendung von drei Kunstgriffen bricht die Electricität am besten aus der Belegung der Leydener Flasche hervor, nämlich bei der Berührung ihres Conductors mit einem gut leitenden Körper, durch Anlegen des Bogens und bei

Hervorrufung eines Funkens aus dem Conductor der Electrisirmaschine, wie wir ganz vor kurzem beobachtet haben.

Gerade durch diese Kunstgriffe sahen wir vorhin, werden auch die Muskelcontractionen erhalten, nämlich durch die Berührung des belegten Nerven, welchen wir zum Conductor des Muskels gemacht haben, dnrch das Anlegen des Bogens mit seinen Enden sowohl an den Nerven wie auch an den Muskel, schliesslich durch Ueberspringen des Funkens.

Wie unter allen jenen Hülfsmitteln zur Hervorrufung des Ansbrechens der Electricität aus den Leydener Flaschen der Bogen geeigneter und wirksamer als alle übrigen ist, so haben wir schon gesehen, dass derselbe auch zur Erregnng der Mnskelcontractionen der geeignetste ist; wenn der Conductor nicht ans der Mündung der Flasche nnd vor allem aus jener Partie hervorragt und von ihr absteht, auf der die leitende Materie innerhalb der Flasche angebracht ist, so vermag der Bogen kanm etwas zur Erregung eines Funkens beizutragen; auch leistet derselbe, wie wir schon zeigten, kanm etwas zur Herbeiführung der Muskelcontractionen, wenn die Nerven nahe bei den Muskeln durchschnitten sind.

Was aber das Hervorrufen des Funkens betrifft, so geht die Aehnlichkeit weiter, als wir bisher auseinandergesetzt haben. Damit man das richtig einsehe, bemerken wir, dass wir znfällig beobachtet haben, wie ein heller Büschel fortwährend im Dunkeln an dem zugespitzten Conductor der geladenen Leydener Flasche schimmerte und nach einiger Zeit von selbst verschwand. Nachdem aber jener verschwunden war, kam, wenn die Flasche von dem Conductor der Maschine in einer gewissen Entfernung stand, und man aus dem Conductor Funken hervorlockte, eben dieser Büschel in demselben Moment, in dem der Fnnken gezogen wnrde, wieder znm Vorschein, nnd verschwand bald wieder; nnd so cntstand [**398**] und verschwand er abwechselnd beim Hervorrufen des Funkens. So bot nns jener Büschel, welcher, auf verschiedene Weise von uns untersucht nnd erforscht ward, einen neuen nicht nnbedeutenden Anhaltspunkt für dio erwähnte Analogie. Denn wie beim Ueberspringen des Funkens sich ein solcher Büschel zeigt, so werden auch, wie wir erwähnten, die Contractionen erregt. Ansserdem wie, wenn ein leitender am besten mit der Erde communicirender Körper die äussere Belegung der Flasche berührt, zu derselben Zeit eben der Büschel beim Ueberspringen des Funkens

verschwindet und matt wird, bei abermaligem Hervorrufen des Funkens sich wieder belebt und erneuert, so werden, wenn eben solch ein leitender Körper an die Muskeln befestigt wird, die verschwindenden Contractionen, sobald der Funken entlockt wird, erneuert oder die erlahmenden, wie schon erwähnt, verstärkt werden. Ebenso wie beim Hervorrufen des Funkens jener Büschel erscheint, sowohl wenn der Conductor der Maschine die Flasche hinter sich hatte, als auch wenn er sich in der entgegengesetzten Richtung befand, so treten auch, wie wir sagten, die Contractionen auf, wenn sich die Nerven und ihre Conductoren der Maschine gegenüber befanden oder auf der entgegengesetzten Seite. Wenn aber der Theil des Conductors, welcher aus der Mündung der Flasche hervorragt, in eine Glas- oder Harzröhre geschlossen wird, bleibt beim Ueberspringen des Funkens der Büschel aus, genau so, wie bei Einschliessung der Nerven in eine solche Röhre die Contractionen ausbleiben, obgleich das übrige Thier offen an der freien Luft liegt.

Wie überdiess, wenn die Flasche in ein anderes Glasgefäss mit äusserer Metallbelegung gesetzt wird, nur durch Contact mit diesem Gefäss, wenn der Funken entlockt wird, der erlahmende Büschel sich erneuert und das verschwindende sich wieder belebt, so beleben sich bei der Berührung eben dieses Glases beim Ueberspringen des Funkens die erlahmenden Contractionen und die anfhörenden heben wieder an, wenn die Flasche, in welcher das Thier sich befindet, wie in Fig. 3, Taf. I, in eben so ein Glas gestellt wird.

Wie der ganze Anblick des electrischen Büschels aber beim Ueberspringen des Funkens verschwindet, wenn der Conductor der inneren Belegung nicht über der Mündung der Flasche hervorragt, oder wenn, obgleich er hervorragt, ihm ein anderer Conductor beigefügt, und bis zur äusseren Belegung der Flasche fortgeführt wird, so hören beim Ueberspringen des Funkens, wie wir berichtet haben, die Contractionen auf, wenn der Nerv über die ihm entsprechenden Muskeln und berührenden Theile nicht hervorragt, oder wenn, obgleich er hervorragt, ihm ein anderer Conductor angeheftet ist, welcher bis zu den Muskeln oder ihren Conductoren geleitet wird.

Aber wenn auch diese Hypothese und dieser Vergleich einen nicht unbedeutenden Schein der Wahrheit darbieten, so giebt es doch manches, was bedenklich gegen sie zu sprechen

scheint. Denn entweder sind, wie manche glauben, die Nerven idioelectrisch und können dann ganz und gar nicht als Conductoren [**399**] fungiren, oder sie sind anelectrisch; wie wird es dann geschehen können, dass in ihnen das thierische electrische Fluidum sich aufhält und nicht sich verliert und auf die benachbarten Theile verbreitet, natürlich nicht ohne grosse Verminderung der Muskelcontractionen? Diesem Einwande und dieser Schwierigkeit wird man leicht begegnen, wenn man sich die verglichenen Nerven so vorstellt, dass sie innen hohl oder wenigstens aus einer für die Fortbewegung des electrischen Fluidums geeigneten Materie zusammengesetzt, aussen aber mit einer öligen oder anderen Substanz versehen sind, welche die Zerstreuung und Ausbreitung eben des durch sie fliessenden electrischen Fluidums hindert. Eine solche Structur und Zusammensetzung der Nerven wird bewirken, dass sie auf zweierlei Art fungiren können, nämlich das electrische Nervenfluidum leiten und zugleich seiner Ausbreitung vorbeugen, und wird sowohl der Organisation des Thieres als den Experimenten vollkommen entsprechen. Wenn nun die Organisation des Thieres zu fordern scheint, dass das Leben des Thieres in den Nerven eingeschlossen sei, so zeigen dagegen die Experimente, dass die Nerven aus einer sehr öligen Substanz zusammengehäuft sind.[9]) Denn nicht nur eine grosse Menge Oel wurde durch Destillation von den Nerven erhalten, eine weit grössere als von den Muskeln, sondern es wurde auch eine grössere Menge brennbaren Gases, nach der Methode der Neueren, aus ihnen gewonnen, als zu gewinnen von irgend einem anderen Theile des Thieres je möglich war, und dieses Gas besass die Fähigkeit, beim Anzünden eine lebhaftere, reinere und bei weitem andauerndere Flamme zu geben, als das den übrigen Theilen entzogene brennbare Gas zu thun pflegt. Gewiss ein nicht geringer Beweis für den reicheren Oelgehalt der Nerven.

Diese idioelectrische Substanz in den Nerven, welche vorhanden zu sein scheint, damit nicht das electrische Nervenfluidum mit bedeutendem Verlust vernichtet werde, wird aber nicht hinderlich sein, dass eben dieses Fluidum, welches durch eine innere leitende Substanz der Nerven fliesst, von eben diesen Nerven, wenn es nöthig geworden ist, ausgeht, um Contractionen zu bewirken, wobei es durch den Bogen auf die Muskeln in der ihm charakteristischen Weise sehr schnell übertragen wird.

Wie nämlich der Conductor der Leydener Flasche, obgleich mit Wachs bedeckt, beim Anlegen des Bogens eine Entladung aufweist, wenn die Wachsschicht sehr dünn war, oder, wenn sie auch dicker aufgetragen, jedoch mit einer dünnen Metallfolie belegt wurde, wenn man nur gewisse Grenzen der Dicke nicht überschreitet, wie wir öfters erfahren haben, so kann von dem vielleicht auf ähnliche Weise von Natur geschaffenen und besonders von dem künstlich belegten Nerven das electrische Fluidum ausfliessen und Contractionen bewirken.

[**400**] Es möge uns daher gestattet sein eine vielleicht nicht unwahrscheinliche, hierauf bezügliche Ansicht folgen zu lassen, die wir jedoch wieder fallen lassen werden, sobald die Gelehrten anderer Meinung sind, oder die Entdeckungen der Physiker und neue darüber angestellte Versuche eine andere als geeigneter erweisen.

Bis jetzt habe ich nur wenig über die Beschaffenheit der thierischen Electricität aus dem entnommen, was die mitgetheilten Versuche erkennen liessen. Es hat diese Electricität einiges mit der künstlichen und gewöhnlichen, anderes mit der des Zitterrochens gemein.

Mit der gewöhnlichen Electricität hat sie gemein:

Erstens die freie und leichte Bewegung durch dieselben Stoffe, durch welche die gewöhnliche zu fliessen pflegt, nämlich vor allem durch die Metalle und unter denen am besten durch die vollkommneren, edlen, als da sind Gold und Silber, dann durch die weniger edlen, nämlich Bronze, Eisen, Zinn, Blei, ausserdem durch die unvollkommenen, zu denen Antimon gehört, und schliesslich durch Erze. Leicht und frei ist der Weg durch Wasser und Flüssigkeiten, schwieriger durch Steine, Erden, Hölzer, unterbrochen schliesslich und gänzlich abgeschlossen durch Körper aus Glas, Harz und Oel, woher es kommt, dass, wenn Metalle mit einer nicht leitenden Fläche überzogen sind, die Electricität nicht anders, wie die künstliche und gewöhnliche, sich in ihnen anzuhäufen pflegt und weit grössere Wirkungen zu erzielen d. h. heftigere und andauerndere Contractionen zu erregen pflegte, als wenn eben dieselben Metalle mit anderen leitenden Körpern frei communicirten.

Zweitens beim Ausströmen die Vorliebe für den kurzen und leichten Weg, nämlich für Bogen, Ecken und Spitzen.

Drittens ihre Doppelsinnigkeit und ihr zweierlei Vorzeichen, nämlich das eine positiv und das andere negativ.

4*

Viertens ihr dauerndes und stundenlang constantes Anhaften an den Muskeln, nicht anders wie bei der gewöhnlichen Electricität, die lange an den Körpern zu haften pflegt.

Fünftens ihre gewissermaassen freiwillige[10]) und nicht geringe Zeit andauernde Erneuerungsfähigkeit.

Sechstens die hervorragende Zunahme ihrer Kräfte bei Anwendung des Kunstgriffes der sogenannten Belegung und zwar aus dem Metall, mit dem die Physiker gewöhnlich Harz- und Glaskörper bedecken.

Die mit der Electricität des Zitterrochens und der anderen Thiere dieser Klasse gemeinsamen Eigenthümlichkeiten sind vor allem folgende: der Kreislauf der Electricität von einem Theile des Thieres [**401**] zum anderen und zwar durch den Bogen oder vielmehr durch das an Stelle des Bogens dienende Wasser, wie es die Physiker beobachtet haben. Daraus geht hervor, dass ein solcher Kreislauf nicht allein eine Eigenthümlichkeit des Zitterrochens und ähnlicher, sondern vielleicht der meisten Thiere bei Anwendung unserer Kunstgriffe ist. Ausserdem fehlen bei diesen wie bei jenen die Anzeichen einer noch so zarten Ausstrahlung, es fehlen die Anziehung und Abstossung sehr leichter Körper und schliesslich die Anzeichen auch der geringsten Bewegungen in den bisher erfundenen Electrometern.[11])

Mit einer solchen Electricität hat unsere thierische Electricität auch das gemein, dass sie keiner vorausgehenden Kunstgriffe bedarf, z. B. der Reibung, Erwärmung und dergleichen, durch die sie erregt würde, sondern gleichsam von der Natur bereitet und schnell fertig sich zeigt bei blossem Contact. Ja die thierische Electricität besitzt eine so grosse Actionsenergie, wie wir erprobt haben, dass wenn auch das Vertebralrohr an der belegten Stelle mit einem nicht leitenden Körper berührt wird, sich nichtsdestoweniger nicht selten Contractionen zeigen, am besten bei frisch getödteten und präparirten Thieren. Häufig traten sie ein, wenn der nicht leitende Körper gegen die Metallfolie so gedrückt ward, dass die Berührung der Metallfolie mit dem aus dem Vertebralrohr tretenden Nerv verstärkt oder verändert wurde. Und dies kann, wie ich glaube, einen Anhaltspunkt für das Verständniss der Electricität des Zitterrochens geben.

Ferner scheint Eines vor allem dem Zitterrochen und den verwandten Thieren eigenthümlich und charakteristisch

zu sein, dass sie nach Belieben und Willkür im stande sind, Electricität aus der Haut ausströmen und hervorschleudern zu lassen, sodass jene ausserhalb des Körpers ihren Kreislauf vollendet, und zwar in solcher Menge und Wucht, dass sie, wie wir von den Physikern hören, Funken sprüht, eine Erschütterung und einen heftigen Schmerz herbeiführt und zuweilen einen Angriff auf Thierchen macht, welche in die Bahn des Kreislaufs fallen, um dieselben zu tödten oder zu betäuben oder aufzuschrecken. Letzteres ist wohl nur für die reichlichere Menge und Kraft der Electricität bei solchen Thieren bezeichnend, nicht aber für ihre abweichende Natur, und vielleicht können einmal Kunstgriffe erfunden werden, die diese Wirkungen auch an anderen Thieren zeigen.

Die von uns gefundenen und bewiesenen Kräfte und Arten, wie auch besonders die Wege eines solchen electrischen Kreislaufs werden vielleicht einiges Licht über den Kreislauf in dem Zitterrochen und den verwandten Thieren verbreiten können, und es werden vielleicht wiederum von der sorgfältigen Untersuchung und Beobachtung [**402**] der Organe dieser Thiere, die für diese Kraftäusserung dienen, diese unsere Angaben Licht erhalten. Die Instrumente werden vielleicht ähnlich sein, die Enden des electrischen Stromes dieselben, nämlich die Muskeln und Nerven.

Soviel über die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der thierischen Electricität. Einiges wenige jetzt über ihre Quelle. Ich würde glauben, dass diese keine andere wäre, als die, welche die Physiologen bis auf den heutigen Tag für die Thierseelen annehmen, nämlich das Gehirn. Denn wenn wir auch bewiesen haben, dass die thierische Electricität in den Muskeln steckt, werden wir dennoch nicht der Meinung huldigen, dass sie von ihnen auch als von der ursprünglichen, natürlichen Quelle herstammt.

Denn da alle diese Nerven, sowohl die, welche zu den Muskeln, als auch die, welche zu den übrigen Körpertheilen führen, wie von Ansehen so auch von Natur dieselben zu sein scheinen, wer wird da leugnen können, dass sie alle die Fähigkeit besitzen das Fluidum zu leiten? Schon oben haben wir gezeigt, dass durch die Nerven der Muskeln das electrische Fluidum geleitet wird. Es wird daher durch alle zusammen geleitet werden. Sie werden es daher aus einer gemeinsamen Quelle, dem Ursprung und Anfang aller, nämlich dem Gehirn schöpfen. Sonst gäbe es so viele Quellen

als Theile, in denen die Nerven enden, und da diese in ihrer Beschaffenheit und ihrem Bau in hohem Grade verschieden sind, scheinen sie nicht, wie es nöthig ist, für die Thätigkeit und Ausscheidung ein und desselben Fluidums geeignet zu sein.

Wir glauben also, dass das electrische Fluidum durch die eine Kraft des Gehirns bereitet und wahrscheinlich aus dem Blute entwickelt wird, und in die Nerven geht und innen durch sie fliesst, mögen sie hohl und leer sein, oder, was wahrscheinlicher ist, eine sehr flüchtige Lymphe oder ein anderes ähnliches sehr flüchtiges Fluidum, welches, wie die meisten meinen, von der Rindensubstanz des Gehirns abgeschieden wird, enthalten. Wenn das der Fall ist, wird vielleicht die geheimnissvolle und bisher lange vergeblich erforschte Natur der Thierseele ihrem Dunkel entzogen werden. Wie dem aber auch sei, so wird deren Electricität in Zukunft nach unseren Versuchen, wie ich meine, sicher niemand mehr in Zweifel ziehen. Wenn wir auch dieselbe durch Ueberlegung und zahlreiche Beobachtungen geleitet, vielleicht zuerst vor unser öffentliches anatomisches Theater gebracht haben, während schon früher viele sehr berühmte Männer sie angekündigt hatten, so hätten wir doch nie erwartet, dass uns das Glück so hold sein würde, uns zuerst zu gestatten, die in den Nerven verborgene Electricität gleichsam mit Händen zu greifen, aus den Nerven hervorzuziehen und beinahe vor Augen zu legen.

Nach diesen Voraussendungen und Ankündigungen wende ich mich jetzt zunächst zu einer Erklärung der Muskelcontractionen, [**403**] welche in unseren Experimenten auftreten, um dann das vorzubringen, was sich auf die natürlichen willkürlichen wie unwillkürlichen und krankhaften Bewegungen bezieht, damit ein Weg für die Ausnützung unserer Beobachtungen eröffnet wird und man ohne weiteres von den Thieren und vor allem den warmblütigen diese unsere Beobachtungen, wie wir nicht grundlos glauben, auf den Menschen übertragen könne.

Es wird aus den vorgeführten Experimenten leicht entnommen, dass es das schnelle, heftige Ausströmen des electrischen Nervenfluidums durch die Muskeln nach den Nerven ist, welches die Muskelcontractionen und Bewegungen vor allem erregt.

Auf welche Weise der Austritt einer solchen Electricität die Contractionen herbeiführt, ob sie durch eine mechanische

Reizung, wie mit einem Stachel, die Nerven oder die Muskelfaser reizt, und wie man sagt ihre Empfindlichkeit erregt, oder ob sie nach Art nnd Weise des gewöhnlichen electrischen Dunstes[12]) eine eigenthümliche, heftige Anziehung zwischen den Theilchen, welche die Mnskelfaser zusammensetzen, durch ihren sehr schnellen Austritt aus derselben bewirkt, so dass, indem sich jene gegenseitig näher rücken, die Faser kürzer wird, oder ob es auf eine andere wahrscheinlichere noch nicht bekannte Weise geschieht, das ist noch allzuschwer zu erkennen nnd noch zu sehr in Dunkel gehüllt. Andere Gesichtspunkte nnd andere Versuche werden vielleicht einst einiges Licht hinein bringen. Aber die nächstliegende Frage, auf welche Weise und aus welchen Gründen ein solcher Anstritt der Electricität von den Mnskeln zu den Nerven in den erwähnten Versuchen stattfindet, wird leicht nach der oben aufgestellten Hypothese zu beantworten sein. Ich möchte ausdrücklich betonen, dass es zwei Dinge giebt, die zur Erregung der bisher besprochenen Muskelcontractionen im höchsten Grade beitragen. Zuerst nämlich etwas, was das electrische Nervenflnidnm von dem Muskel zum Nerven hin lockt nnd es zum Austritt reizt, dann etwas, was dasselbe, wenn es ans den Nerven austritt, in sich aufnimmt und entweder den Muskeln zuführt nnd gleichsam wieder ersetzt, oder anderswohin entführt oder zerstrent. Sobald eine von diesen Bedingungen nicht erfüllt ist, bleiben anch die Contractionen aus.

Was aber das electrische Nervenfluidnm von den Mnskeln zu den Nerven lockt, gleichsam hinstösst, scheint durchaus klar, nämlich das plötzlich anfgehobene Gleichgewicht zwischen der inneren Muskel- und Nervenelectricität und der äusseren Electricität der am besten [**404**] mit den Nerven verbundenen Körper; ausserdem wirkt die Reizung eben dieser Nerven, ferner die Berührnng eines Körpers, am besten eines leitenden, mit eben diesen Nerven selbst oder mit leitenden Körpern, welche mit eben diesen Nerven communiciren, schliesslich eine Bewegung der Nervensubstanz oder eine Art ganz leichter Reibung, wie denn anch durch eine einfache Erschütternng der Platte, auf der das Thier liegt, die Contractionen erregt werden. Offenbar können derartige Reiznngen theils dem gestörten Gleichgewicht, theils einer Art Impuls, sei derselbe auch noch so gering, zugeschrieben werden.

Das aber aus diesen Gründen zum Nerven fliessende electrische Flnidum wird von jedem leitenden Körper auf-

genommen nnd von den Nerven zu den Muskeln gebracht werden, wenn er von jenen zn diesen nach Art des electrischen Bogens geführt wird; er wird es aber anderswohin führen, wenn er nur mit den Nerven oder mit Körpern, die die Nerven berühren, in Verbindung steht und eine gewisse Grösse hat.

Nach diesen Bemerkungen und Feststellnngen gehe ich nnn zur Erklärung der Muskelbewegungen, welche wir beobachtet haben, über und zwar zuerst jener, welche beim Ueberspringen des Funkens erhalten wurden.

Beim Ueberspringen des Funkens wird die Electricität entladen, sowohl aus den den Condnctor der Maschine umgebenden Luftschichten, wie den mit eben diesen Schichten communicirenden Nervenconductoren, deswegen wird ihre Electricität negativ. Daher geht die innere positive Electricität der Muskeln, sowohl in Folge ihrer eigenen Kraft als anch weil sie durch die äussere künstliche oder natürliche Electricität geweckt wird, zu den Nerven über, nm von den Conductoren aufgenommen und durch sie sich verbreitend jene, sowohl in ihnen, als in den kurz vorher erwähnten Lnftschichten verschwnndene Electricität zu ersetzen und mit derselben das Gleichgewicht herznstellen, ebenso wie bei der Leydener Flasche die positive Electricität der inneren Belegung aus demselben Grunde beim Fnnkenziehen reichlicher zn ihrem Conductor abfliesst und von ihm weggeht, wie die Erscheinnng des electrischen Büschellichtes offen darthut.

Darans ersieht man natürlich unschwer, dass es Zweck nnd Nutzen der Conductoren ist Electricität anfzunehmen nnd in die Nerven zu übertragen, und dass sie in bestimmtem Verhältniss zu den Muskelcontractionen stehen.[13])

Aehnlich scheint die Ursache nnd der Grund der Muskelcontractionen zu sein, welche bei den in unser gläsernes Maschinchen geschlossenen Thieren beim Ueberspringen des Funkens erhalten werden. Die innere Electricität der Muskeln [**405**] scheint znr inneren Fläche des Glases durch die Nerven und ihre Condnctoren nach dem Gesetze des Gleichgewichts zu fliessen, so dass so viel Electricität zur inneren Fläche des Glases fliesst, als durch das Ueberspringen des Funkens von der äusseren weggerissen worden ist.

Dasselbe scheint auch der Grund und die Ursache der Erscheinung bei den Contractionen zu sein, welche auftreten, wenn die Conductoren der präparirten Thiere die äussere Bele-

gung der Leydener Flasche berühren oder sich ihr nähern, während der Funken dem Conductor der inneren Belegung entlockt wird.

So klar nnd deutlich wird diese Erscheinung durch das Gesetz der Belegnngen nnd des Gleichgewichts erklärt, dass ich dem nicht widersprechen würde, der von eben diesem Gesetz anch jene Contractionen herleiten möchte, welche beim Funkenziehen aus dem Conductor der Electrisirmaschine auftreten, nnd der in den Lnftschichten, welche diesen Conductor umgeben, gleichsam eine doppelte Belegung erblicken möchte, eine innere iu Bezug auf den Conductor und eine äussere in Bezug auf das Thier.

Ob nun die Erscheinung auf diese oder jeue oder eine andere noch nicht bekannte Weise vor sich gehe, so wird doch niemand zweifeln, dass die Ursachen und Gründe bei jenen Contractionen, welche, wie wir erwähnten, beim Gewitterhimmel zu stande kommen, dieselben seien. Denn das, was in jenen Luftschichten geschieht, welche die Electrisirmaschine umgeben, scheint beim Ueberspriugen des Funkens in den die electrischen Wolken umgebenden Lnftschichten vor sich zu gehen.

Ferner sieht jedermann, dass man den Ursprung jener Contractionen, welche wir bei der Annäherung geriebenen Siegellacks an die Nerven auftreteu, bei der Annäheruug geriebenen Glases aber ausbleiben sahen, leicht aus dem Gesetze des Gleichgewichts zwischen der positiven Electricität der Mnskeln und der negativen des Siegellacks herleiten könne.[14]) Ebenso erkläre sich auch aus dem Gesetze des Gleichgewichts jene Contractionen, welche auftreten, wenn der Deckel des Electrophors von seinem Harzkuchen abgehoben wird.

Jetzt wende ich mich zu den Contractionen, welche durch den Bogen oder die Berührung leiteuder Körper mit den Nerven oder durch Reiznng eben dieser Nerven oder auf andere Weisen, die wir oben erwähnt haben, erregt werden. In Betreff dieses wird Jedermann, der die Beschaffeuheit der thierischen Electricität, wie wir sie besprocheu haben, überlegt, leicht einsehen, wie geschickt nnd angemessen jene Kunstgriffe sind, die inuere positive Electricität der Muskeln den Nerven znznführen nnd anf den äusseren, [406] wie wir annahmen, negativ electrischen Theil der Muskeln zu übertragen.

Dies aber einmal zugegeben, kann noch gefragt werden, wie es kommt, dass, wenn der Nerv, wie es zuweilen geschah,

wenn er belegt war, entweder von irgend einem nicht leitenden Körper nur berührt oder mit demselben oder, wenn man lieber will, durch künstliche Electricität gereizt wurde, nichtsdestoweniger Contractionen auftraten.

Denn dann ist zwar die Berührung und der Anstoss vorhanden, welcher, wenn er auch gering ist, das electrische Nervenfluidum auf die Aussenseite des Nerven hintreiben möchte; der Körper aber, welcher eben dieses Fluidum aufnimmt und einem anderen des Gleichgewichts wegen zuführt oder es vielmehr den Muskeln wieder zustellt, scheint gänzlich zu fehlen.

Nach der Erklärung dieser genau erforschten Erscheinungen und der Betrachtung über das Wesen und die Eigenthümlichkeit des electrischen Nervenfluidums, wonach dasselbe nur durch leitende Körper einen freien Zutritt und einen für sich bereiteten Weg zu finden und von den Nerven schleunigst zu den Muskeln zu eilen pflegt, wird man vielleicht einsehen, dass auch hier ein leitender Körper, welcher gleichsam als Bogen dient, nicht fehlt, sofern nämlich die äusseren feuchten und flüssigen Theile der Nerven oder besser ihre fetten und harten Häute oder beide dazu dienen können. Aus diesem Grunde vielleicht werden, wenn der Schädel geöffnet ist und das Gehirn blossliegt, ebenso, wenn das Rückenmark aus seinem Vertebralrohr herausgezogen und blossgelegt ist, keine Muskelcontractionen, wie wir erwähnten, erregt, es sei denn, dass der Bogen jene Theile berühre. Sie werden aber erregt, wenn sie mit einer Metallfolie versehen werden, welche die Stelle der fehlenden Haut mehr als genügend ersetzt. Anders aber verhielt es sich, wie wir erwähnt haben, bei den Nerven, welche die Natur ausserhalb des Gehirns in fette Häute gehüllt hat, und die stets mit Erfolg mit einer Metallfolie versehen werden, wenn solches auch nicht durchaus nothwendig ist. Wenn man die Metallfolie, in die wir die Nerven zu hüllen pflegten, gleichsam als einen Theil des Bogens betrachtet, und sich ins Gedächtniss ruft, was wir über die Nützlichkeit des Bogens aus verschiedenem Stoff in Hinsicht auf die Verstärkung der Contractionen gesagt haben, wird man die meisten Contractionen, welche nur durch Berührung einzutreten schienen, wohl auch von dem Bogen erwarten, welchen theils die Metallfolie, theils in gewissem Sinne die schon erwähnten leitenden Nervensubstanzen bilden werden.

Wenn dies aber zugegeben wird, dürfte sich vielleicht

eine Möglichkeit zur Erklärung der Muskelbewegungen finden, welche bei den lebenden Thieren sich vollziehen, und die wir jetzt betrachten wollen. Bei den willkürlichen Bewegungen wird vielleicht die Seele mit ihrer wunderbaren Kraft [**407**] auf das Gehirn, was das Nächstliegende ist, oder ausserhalb desselben auf einen beliebigen Nerven, einen gewissen Impuls ausüben, wodurch das electrische Nervenfluidum von dem entsprechenden Muskel schleunigst nach dem Theile des Nerven fliesst, zu dem es durch den Reiz gezogen wird, wo es, wenn es angelangt ist, nachdem der nichtleitende Theil der Nervensubstanz durch die dann vermehrten Kräfte überwunden ist, und es aus ihm ausgetreten ist, entweder von der äusseren Feuchtigkeit des Nerven oder von den Häuten oder von anderen angrenzenden, leitenden Theilen aufgenommen und durch dieselben gleichwie durch den Bogen dem Muskel, von dem es ausgegangen ist, wieder zugestellt werden wird, so dass nach dem Gesetze des Gleichgewichts zum negativ electrischen Theile der Muskelfasern eben nur die Menge zufliesst, welche vom positiv electrischen Theile derselben durch den Anstoss im Nerven, wie angenommen wurde, ausgeflossen ist. Ganz ähnlich, ja weniger schwierig, wenn ich recht urtheile, werden die unwillkürlichen und nicht naturgemässen Bewegungen sich erklären lassen, nämlich die durch schmerzhafte und reizend wirkende Stoffe hervorgerufenen oder solche, die die Nerven, das Rückenmark oder das Gehirn reizen und gleichsam das Nervenfluidum herbeiziehen, damit es von den leitenden Körpern aufgenommen und wie durch den Bogen dem Muskel wieder zugeführt werde.

Aber je nach der Kraft und Fähigkeit scharfer Flüssigkeiten zu reizen und zu leiten, wird es auch verschiedene Contractionen geben, ebenso je nach den Stellen, welche eben diese in den Nerventheilen einnehmen werden.

Es ist nämlich leicht einzusehen, dass solche Flüssigkeiten, sobald sie aus den Gefässen zwischen die Häute der Nervensubstanz geflossen sind und unter ihren Hüllen sitzen, heftigere und längere Contractionen verursachen müssen, weil dann nämlich die ausgeflossenen und stagnirenden, scharfen Flüssigkeiten nicht nur den Nerven heftiger reizen, sondern auch in geeigneterer Weise eine Art Belegung und Bogen abgeben werden. Bei schweren rheumatischen Affectionen und vor allem bei Ischias, wobei wie Cotunio meint, die Flüssigkeit zwischen der Scheide und der Oberfläche des Nerven

stockt, pflegen daher nicht nur heftige Schmerzen, sondern auch sehr schwere und dauernde Muskelcontractionen des kranken Gliedes aufzutreten, so dass das Organ oft lange oder bleibend im Contractionszustande sich befindet.

Daher kommen vielleicht auch die so heftigen, so andauernden, so leicht und in so kurzen Intervallen wiederkehrenden und meist tödtlichen Contractionen und Krampferscheinungen der Muskeln, [408] sobald scharfe und krankhafte Flüssigkeiten zwischen dem Gehirn und der Pia mater oder zwischen der Pia mater und der Dura mater oder zwischen den Ventrikeln des Gehirns oder zwischen der Oberfläche und der Scheide des Rückenmarks oder der Nerven stagniren, wie es meist bei dem Starrkrampf vorkommt, einer Krankheit, bei der wunderbarer Weise fast alle Muskeln in die schwersten tonischen Contractionen verfallen, mag auch zuweilen nur ein Nerv von denselben ergriffen sein, wie bei dem Tetanus, welcher manchmal bei einem Stich in den Nerven vorkommt; endlich gerathen die Muskeln von selbst in diese Contractionen, dann aber nur mit einem leichten Zittern und einer Erschütterung des Bettes oder der Fläche, auf welcher das Lager des Kranken ruht. Etwas ähnliches aber, haben wir schon gesehen, geht bei den präparirten und mit Belegungen versehenen Thieren vor, bei welchen der Bogen nur an einem Schenkelnerv angelegt wird, und alle Muskeln nicht nur eines, sondern beider Beine in tonische Contractionen verfallen; und dies geschieht auch wiederholt von selbst, nur mit einem Zittern und einer Erschütterung der Platte, auf welcher die Thiere liegen; deswegen scheinen diese unsere Versuche wenn auch nicht die Ursache, so doch die Eigenthümlichkeit dieser Krankheit und ihrer Symptome aufgedeckt und den Aerzten einen genügenden Anhalt geschaffen zu haben.

Nach diesen Aufstellungen und Erwägungen sowohl über die ruhigen und natürlichen, wie auch über die heftigeren und krankhaften Muskelcontractionen war es leicht, eine neue Ursache und Erklärung der entgegengesetzten Gebrechen, der Paralyse u. s. w. zu finden, nämlich die schon erwähnte Hemmung des Kreislaufs des electrischen Nervenfluidums von dem Muskel zum Nerven oder vom Nerven zum Muskel.

Zunächst würde das eintreten, wenn eine ölige oder anderswie nicht leitende Substanz im Innern des Nerven sitzt, ferner wenn ein ähnlicher Stoff die äussere Feuchtigkeit des

Nerven oder die Häute selbst oder irgend welche andere Theile, durch die das besagte nervenelectrische Fluidum seinen Kreislauf vollendet, durchdrungen hat. Beides aber geschieht, wenn durch schmerzverursachende, zernagende Stoffe der Ausfluss und die Ansammlung eben dieser Materie erregt wird und die Substanz und das Gewebe der Nerven und des Gehirns verletzt wird. Wenn auch dies vielleicht scheinbar für diejenigen Paralysen und Apoplexien, welche langsam und nach und nach die Kranken befallen, einen Anschein von Wahrheit haben kann, so scheint doch für jene, welche momentan die Kranken ergreifen, eine ganz andere Ursache der Erscheinung angegeben werden zu müssen.

Als ich dies und ähnliches im Geiste erwog, fiel mir nicht nur für die Apoplexie, [**409**] sondern auch für die Epilepsie ein neuer Erklärungsgrund ein, hauptsächlich in Analogie einer bei Anwendung von künstlicher Electricität bei Thieren oft beobachteten Erscheinung.

Wie nämlich die künstliche Electricität, wenn sie gerade gegen das Gehirn oder die Nerven oder gegen das Rückenmark z. B. mit Hilfe des Conductors der Leydener Flasche gelenkt wird, falls sie mit einer gewissen Menge und Wucht auf diese Theile stürzt, dieselben reizt und die Thiere in heftige Krämpfe versetzt, wenn sie aber in weit grösserer Menge die Substanz derselben verletzt und heftig erschüttert, diese Thiere paralytisch und apoplectisch macht, oder, wenn sie allzu heftig war, tödtet, so ahnte ich auch, dass die thierische Electricität in dem Menschen ähnliches leisten könnte vor allem, wenn sie so wie die gewöhnliche Electricität zu thun pflegt, jene sehr flüchtigen Stoffe mit sich fort reisst und rasch mit sich vereinigt, so dass dadurch ihr eine weit grössere Kraft verliehen wird. Dahin gehören alle sogenannten scharfen Stoffe, welcher Art sie auch seien. Ferner meinte ich, dass die so verunreinigte thierische Electricität, welche von den Muskeln oder anderen Theilen nach dem Gehirn durch die Nerven eilt und in jenes hineinstürzt, bald Epilepsie bald Apoplexie herbeiführen könnte, je nachdem ihre Wucht und ihr Anprall gegen die Substanz des Gehirns und der Nerven grösser oder kleiner und ihre Verunreinigung schwerer oder leichter ist. Es scheint nämlich von der Menge und Beschaffenheit der in dem Gehirn stagnirenden schädlichen Flüssigkeiten, welche das Gehirn oder die Nerven stacheln und reizen, ein heftiger Ausfluss und Anprall der

Thierelectricität durch die Nerven gegen das Gehirn herbeigeführt werden zu können, oder schliesslich um anderes zu übergehen, es könnte dasselbe durch eine plötzliche, gewaltige Veränderung in der atmosphärischen Electricität entstehen, vor allem, wenn plötzlich ihre Umkehr von der positiven zur negativen eintritt, vielleicht der nicht unähnlich, welche nach unserer Anschauung in Luftschichten vor sich geht, welche den Conductor der Electrisirmaschine wie auch die electrische Wolke umgeben, beim Ueberspringen des Funkens oder beim Blitzen.

Im Hinblick auf diese bisher überlegten Ursachen, meinte ich, wird jeder einsehen, wie heftig, rasch und leicht die Kräfte wirksam werden können, wenn scharfe und reizende Materien in das Gehirn oder die Nerven eingedrungen sind. Man wird nämlich in dem ersteren Falle jene Krankheiten als idiopathische, in dem letzteren als sympathische bezeichnen können. Ausserdem aber werden solche Krankheiten auch weit schlimmer sein und leichter ausbrechen, wenn die thierische Electricität [**410**] und ihre Verunreinigung in dem Körper, den Muskel- und Nerventheilen im Ueberfluss vorhanden ist. Daher erwog ich bei mir, dass solche Krankheiten vor allem bei Greisen verheerend auftreten müssten, weil bei ihnen wegen des Mangels an Anstrengungen und Leibesübungen wie auch wegen der im Greisenalter eintretenden Vertrocknung der Körpertheile und Verdichtung der öligen Substanz der Nerven, schliesslich auch wegen der verminderten fast unmerkbaren Athmung, welche sonst eine Menge Electricität und scharfe, sehr flüchtige Stoffe aus dem Körper herausschafft, eine allzu reiche Menge thierischer und verdorbener Electricität angehäuft zu werden schien. So vermuthete ich auch, dass aus eben demselben Grunde diese bedenklichen Krankheiten vor allem bei schweren Gewittern am Himmel und bei drohendem Witterungsumschlag, wobei gewöhnlich eine grössere Menge Electricität in der Atmosphäre vorhanden ist, oder etwas später wüthen. Denn dann wurde auch in den Thieren die Electricität stärker befunden, wie es das häufigere und raschere Auftreten der öfter erwähnten Contractionen deutlich zu bezeichnen schien. Aus diesen und anderen Gründen schien die übermässig vermehrte und verdorbene thierische Electricität mit solcher Kraft und Wucht momentan auf die Gehirnsubstanz stürzen zu können, dass sie deren Structur in demselben Augenblick heftig verletzt und die Gefässe zerreisst, worauf leicht dauernde Paralysen folgen, und dass Flüssigkeiten ausfliessen und ausgeflossen und stag-

nirend, wie es oft geschieht, bei den Sectionen der Leichen gefunden werden. Dieses nnd ähnliches kam nns in Betreff der Ursache dieser Krankheiten nnd ihrer Entstehungsweise in den Sinn. Zugleich aber sah ich ein, dass solche Hypothesen bei vielen Gelehrten auf viele, sehr grosse Schwierigkeiten und vielleicht auf ihren Tadel ans vielen Gründen stossen könnten, besonders weil sie der gewöhnlich gelehrten Ansicht entgegen sind, dass die Mnskelbewegung durch einen Ausfluss des Nervenflnidnms vom Gehirn zn den muskulösen Theilen bewirkt werde, nicht durch ein Fliessen von den letzteren zn den ersteren.

Wenn man sich unter anderem aber vergegenwärtigt, wie so zn sagen jenes Gas, welches von den nntern Gliedern, dem Magen oder dem Unterleib znm Gehirn leicht aufsteigen kann, wie es die Epileptiker sehr oft empfinden nnd in dem Momente klagen, wo sie in Krämpfe verfallen, und wenn man schliesslich in Erwägung zieht, dass der Fortgang einer solchen Krankheit znweilen gehindert werden kann, wenn eine Schlinge nm das Bein gelegt wird, welche dem anfsteigenden Gas gewissermaassen den Weg sperrt und abschliesst, wenn einer sage ich anf dieses Alles nnd anf nnsere Versuche das Angenmerk richtet, wird er es uns leicht verzeihen, dass **[411]** wir uns zu diesen Deutnngen verstiegen haben. Das alles aber habe ich, wie gesagt, zu dem Zweck erdacht, dass es von grossen Gelehrten erwogen werde.

Wenn die vorgeschlagene Erklärnng sowohl der natürlichen, als auch der krankhaften Contractionen und der Paralyse angenommen wird nnd als dnrch das Wesen der thierischen Electricität, wie durch Versuche festgestellt ist, bedingt erscheint, so erübrigt noch einiges über die Verhütung solcher Schäden zn berühren. Und vor allem scheint das aus unseren Versnchen erschlossen werden zu können, dass, welches Mittel auch immer znr Beseitigung solcher Krankheiten herbeigezogen werden mag, ja selbst bei änsserlich angewendeter Electricität, es stets, wenn es znm Heile gereichen soll, vor allem auf die thierische Electricität seine Gewalt ausüben mnss und dieselbe und ihren Kreislauf steigern oder vermindern oder auf eine andere Art und Weise ändern muss. Deshalb soll sich der Arzt die Electricität nnd ihren Zustand bei der Behandlung vor allem vor Angen halten. Indem ich daher die übrigen Heilmittel übergehe, deren Wirknng auf die thierische Electricität eine sehr sorgfältige Forschung und die Erfahrung im

Laufe der Zeit darlegen wird, wende ich mich sogleich zur Anwendung der äusseren Electricität; und damit dadurch die Sache deutlicher klargelegt wird, werde ich zuerst ihre Wirkung bei den Krämpfen und bei den rheumatischen Muskelcontractionen und dann bei der Paralyse betrachten.

Vor allem kommt nach meiner Ansicht eine dreifache Art der Anwendung der künstlichen Electricität auf den menschlichen Körper in Betracht, die eine nämlich, welche gewissermaassen momentan genannt werden kann und unmittelbar ihre Wirkung auf die einzelnen ihr unterworfenen Theile des menschlichen Körpers übt, wie z. B. wenn es sich um den electrischen Funken handelt und vor allem um die blitzartige Electricität bei der Entladung der Leydener Flasche; die zweite, bei der die Electricität nicht unmittelbar, sondern erst allmählich und mit der Zeit in Thätigkeit tritt, vielleicht vereinigt und, fast möchte ich mit den Chemikern sagen, verbunden mit den flüssigen Theilen des thierischen Körpers, wie jene Electricität, die neuere Physiker das elektrische Bad nennen; die letzte schliesslich, welche die Electricität aus dem Thier wegnimmt, während sogenannte negative Electricität angewendet wird.[15]

Diese einzelnen Möglichkeiten wollen wir mit Bezug auf die erwähnten Krankheiten in Kürze betrachten. Was die Muskelkrämpfe betrifft, so sieht jeder leicht, dass nach unserer Hypothese dieselben meist von überreichlicher und verdorbener Electricität in den Muskeln des Thieres abhängen, welche durch die geringsten Ursachen [412] von den Muskeln zu den Nerven und nach dem Gehirn geleitet wird, oder von meist scharfen und reizenden Stoffen, welche das Gehirn oder die Nerven beschädigen, oder, wie es oft vorkommen mag, von beiden Ursachen.

Wenn nun zunächst die sogenannte positive Electricität kaum und nicht einmal kaum Nutzen, ja sogar sehr viel Schaden bringen zu können scheint, wie man sie auch anwendet, so wird die negative offenbar beträchtlich nützen.

Im umgekehrten Falle wird sich der Arzt von der positiven Electricität etwas Nutzen versprechen dürfen, wenn diese künstlich zu den leidenden Nerven geleitet wird. Denn sie wird die scharfen Stoffe durch ihre Kraft von den Nerven zurücktreiben und entfernen können.

Deswegen werden die Verschiedenheiten der Krämpfe und ihre Ursachen von dem Arzte genau beobachtet und erforscht

werden müssen, und obgleich vielleicht oft beide Ursachen vorhanden sind, muss doch eifrig zugesehen werden, welche von ihnen das Uebergewicht hat, weil trotz aller Schwierigkeiten doch nicht jede Hoffnung aufgegeben werden darf, schliesslich einmal ans Ziel zu gelangen. Denn es werden z. B. die Anzeichen eines Ueberflusses an Electricität nicht ohne Bedeutung sein können: von einer vorhandenen oder kurz vorausgegangenen Anhäufung der Electricität in der Atmosphäre haben ja unsere Experimente bewiesen, wie sehr sie die Kräfte der thierischen Electricität steigert. Eine solche Ansammlung kann man aber durch die Anwendung der atmosphärischen Electrometer ermitteln und erkennen, und vor allem durch die Betrachtung der Wolken, aus der Jahreszeit, aus den Gewittern am Himmel, aus den Arten der Winde, den Phasen des Mondes und anderen von sehr berühmten Physikern, vor allem von Bartoloni und Gardini, angegebenen Merkmalen. Ferner wird uns eine gewisse ungewohnte Lebhaftigkeit und Raschheit der Bewegungen, besonders der Augen, verbunden mit sehr grosser Veränderlichkeit und Unstetheit, wenn sie von keiner anderen erkennbaren Ursache abhängt, eine Ansammlung von Electricität verrathen können.

Vielleicht werden auch jene Veränderungen, welche künstliche Electricität bei uns herbeizuführen pflegt, Anhaltspunkte darbieten: Nämlich eine ungewöhnliche Wärme, vermehrte Absonderungen und Ausscheidungen der Excremente, des Urins, des Speichels, des Schweisses, geringe Verdunstung, die Schnelligkeit, Grösse und das Schwanken des Pulses, ferner der Genuss von Nahrungsmitteln, in denen idioelectrische Stoffe enthalten sind, wie aromatische, ölige und spirituöse Flüssigkeiten, namentlich sobald für diese Veränderungen keine anderen Ursachen zu ermitteln sind. Sicher pflegt dies meist allen schwereren [413] Krämpfen voranzugehen, wie auch anderen Nervenaffectionen, als der Epilepsie, der Tobsucht und ähnlichen.

Das Gegentheil aber wird uns deutlich an die negative oder fehlende Electricität gemahnen können. Die Anzeichen der schlechten und der verunreinigten Electricität, wenn sie vorhanden sind, werden vielleicht durch das Missbehagen des Kranken selbst und durch die Symptome der Krankheiten, welche den Aerzten die Macht und Herrschaft der scharfen Stoffe zu verrathen pflegen, offenbar.

Es möge aber genügen dies berührt zu haben, nm einen Weg zur Erforschung und Diagnose des verschiedenen Zustandes der thierischen Electricität anzubahnen.

Da die rheumatischen Mnskelcontractionen meist von einer scharfen und reizenden Materie, welche sich in den Nerven festgesetzt hat, ihren Ursprung herleiten, so liegt es nahe zu vermnthen, dass bei ihnen vielleicht die einzelnen Methoden der Anwendung der positiven Electricität von Nutzen sein können, jedoch in der Reihenfolge und Weise, dass zuerst jene Methode versucht wird, welche man das electrische Bad nennt, und zwar gegen die übermässige Ansammlung der Electricitäten in den Muskeln, dann wird die durch Funken, und schliesslich die durch Erschütterung angewendet, damit nämlich durch die znrückdrängende und mechanische Kraft der Electricität zunächst die stagnirenden Flüssigkeiten vermindert und dann leichter von den afficirten Theilen durch einen stärkeren Stoss entfernt würden.

Nicht wenig wird aus demselben Grunde anch die negative Electricität nützen, welche am besten an den afficirten Theilen selbst nach unserer Methode angewendet wird, nämlich unter Hervorrufung des Funkens aus dem Conductor der Maschine oder der Leydener Flasche, besonders wenn der leidende Theil des Körpers mit Conductoren versehen wird, von denen die einen gegen die Maschine gerichtet sind, die anderen mit der Erde in Verbindung stehen. Diese Methode nun wird vielleicht brauchbarer gemacht werden können, wenn grosse Leydener Flaschen oder wenn viele mit ein und demselben Condnctor verbunden oder wenn grössere Electrisirmaschinen angewendet werden, wie man sie in unserer Zeit ohne Schwierigkeit baut, oder noch besser, wenn eine Methode erfunden wird, durch welche man die thierische Electricität von bestimmten Muskeln zu bestimmten Nerven leiten und treiben könnte. Denn nach dem, was wir vorgebracht haben, entgeht es niemandem, dass durch solches Verfahren ein heftiger Ausfluss der Electricität vor allem durch die kranken Nerven erregt wird, ein sehr geeignetes Mittel, wie es scheint, die stagnirenden und in die Nerven eingezwängten Stoffe zu zertheilen, zu lösen und von den Nerven selbst [**414**] wegzutreiben. Daher bringen Muskelbewegungen, welche durch den Ausfluss der Electricität aus den Muskeln zu den Nerven entstehen, oft Heilung und Linderung bei rheumatischen Erkrankungen, und um so mehr, je heftiger die kranken Glieder,

wenn auch mit einiger Unbequemlichkeit und Schmerz, bewegt werden.

Wenn nun diese meine Methode der Anwendung der negativen Electricität bei diesen oder anderen Krankheiten einigermaassen günstige Resultate zeigt, ein wie viel besseres Heilmittel werden wir uns da von der atmosphärischen Electricität versprechen dürfen, wenn z. B. beim Wüthen des Donners und Blitzes die kranken Theile mit ihren Conductoren, wie wir solches bei der künstlichen erwähnten, vorsichtig und verständig versehen werden. Vielleicht war dieses die Ursache, warum seit der Kindheit zusammengezogene oder durch Krankheiten paralytische Glieder ihre natürliche Biegsamkeit, Kraft und Bewegungsfähigkeit, wie Bartoloni erzählt, wiedererlangten, nachdem nicht weit von dem Kranken der Blitz eingeschlagen hatte.

Was aber die Behandlung der Paralyse betrifft, so scheint mir diese Angelegenheit voll von Schwierigkeiten und Gefahr, denn es ist schwer zu diagnosticiren, ob die Krankheit von einer Verletzung der Nerven- oder Gehirnstructur herrührt oder von isolirender Materie, welche in den inneren Theilen des Nerven sich befindet, während wie wir meinten durch letzteren der Kreislauf der Electricität sich vollziehe. Im ersten Fall kann die künstliche Electricität, wie sie auch angewendet wird, wenig nützen, vielleicht viel schaden, im zweiten scheint sie zur Zertheilung der nichtleitenden Materie und Vermehrung der Kräfte der thierischen Electricität etwas nützen zu können.

Die ganze Frage aber wird vielleicht einst Uebung und Erfahrung aufklären.

Nun wollen wir zum Schluss noch einige nicht unwichtige Folgerungen aus unseren Versuchen berühren.

Nach dem Vorhergehenden scheint festzustehen, dass die künstliche und atmosphärische Electricität eine weit grössere Macht über die Muskeln und Nerven ausübt, als früher bekannt war, und dass von ihr eine solche Wirkung auf die thierische Electricität ausgeht, dass sie die letztere zur Bewegung, sowohl ihren Austritt aus den Muskeln als auch ihren schnellen Kreislauf durch die Nerven anregen kann, wie unsere Versuche das dargethan haben.

Durch diese Erkenntnisse kann vielleicht der Weg mehr als bisher [**415**] gebahnt sein zur Entdeckung neuer Anwendungen der Electricität und zu besseren Methoden und zur

Aufdeckung von Gründen der Uebereinstimmung mit den Wechselbeziehungen zwischen der atmosphärischen Electricität und unserem Wohlbefinden und zwischen jenen plötzlichen Veränderungen und gewissen Krankheiten.

Uebrigens mögen solche Versuche den Gedanken wecken, dass beim Ueberspringen der Blitze nicht nur die atmosphärische Electricität sich bewege, sondern vielleicht auch die irdische gen Himmel fliesse. Ob es wohl von dieser Fluth kommt, dass, wenn sich am Himmel grosse Gewitter zusammengezogen haben, in der atmosphärischen Luft Veränderungen und Wechselwirkungen entstehen, nicht nur wegen der Stoffe mancherlei Art, welche sie von den verschiedenen Gegenden des Himmels mit sich führen wird, sondern auch wegen jener, welche sie von der Erde mit sich in die Luft reisst, wenn das electrische Fluidum die Eigenschaften hat, welche ihm viele Physiker zugestehen, dass es bei den Körpern, durch welche es hindurchstreicht, von den leichteren Stoffen die einen austreibt und zerstreut, die andern aber auch mit sich reisst und mit sich vereint? Das aber mögen vor allem die Physiker untersuchen.

Sobald aber eine solche Fluth der irdischen Electricität in die Atmosphäre stattfindet, wird man ihr sicher einen grossen und nicht unbedeutenden Antheil an dem beschleunigten und bedeutenden Wachsthum der Pflanzen zusprechen können, was der berühmte Gardini nach Blitz und Donner beobachtet hat und mit vollem Recht der mit Dämpfen gesättigten atmosphärischen Electricität zuschrieb.[16])

Da solche Muskelcontractionen, welche, wie wir erwähnt, bei den Gewittern des Himmels erhalten wurden, gewiss ein neues und unzweifelhaftes Merkmal der atmosphärischen Electricität und ihrer Wirkung auf den thierischen Organismus gewähren, werden ebendieselben zur Aufklärung der Erdbeben führen, nicht in Hinsicht auf die Ursache derselben, als vielmehr auf die Wirkungen auf den Organismus, so dass es deswegen nicht unnütz erscheint, darüber ebenso Versuche anzustellen, während Erdbeben wüthen.

Doch genug der Muthmaassungen; wir kommen zum Schluss. Dies war es hauptsächlich, was ich an Erfahrung den Gelehrten über die Kräfte der Electricität sowohl der künstlichen, als auch der atmosphärischen und Gewitterelectricität, sowie der in der Muskelbewegung auftretenden natürlichen Electricität, die der Herrschaft des Geistes unterliegt, mit-

theilen wollte, damit sie es einst nutzbar machen könnten; das war unser Hauptwunsch.

Ueber die Kräfte dieser Electricitätsarten bei den natürlichen Bewegungen, dem Blutkreislauf und den Ausscheidungen der Flüssigkeiten wollen wir, sobald als möglich, wenn wir etwas mehr Zeit haben werden, in einer anderen Schrift Mittheilung machen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. (Seite 5.)

Fig. 2. Der zum Versuch vorbereitete Frosch.
CC Die Schenkel.
DD Sacralnerven, die in die Schenkelnerven sich verzweigen, genannt »crurales interni«.
F Metalldraht, der durch Vertebrallöcher das Rückenmark durchbohrt.
G Ein eiserner Cylinder.
M Rückgrat.

Fig. 1. Die Electrisirmaschine.
A Die Scheibe.
B Eiserner Cylinder, mittelst welches die Funken hervorgeholt werden.
C Zuleiter.

Fig. 2. *CC* Die Schenkel.
DD Innere Schenkelnerven.
E Ein durch das Mark *F* gesteckter Draht.
G Eisencylinder, mit welchem der Eisendraht berührt wird, während aus dem Conductor der Maschine ein Funken hervorgelockt wird.
H Glasröhre, mit der der Eisendraht *F* berührt wird, während des Funkens.
KK Nervenconductor.

Fig. 3. *A* Glasflasche, in welche der Frosch gebracht wird.
B Eisendraht, mit dem Haken des Frosches verbunden.
C Ende des aufgehängten Eisendrahtes, an welches der Draht *B* herangebracht wird.
D Eine seidene Schlinge.
EEE Eisendraht, mit *B* verbunden, als Nervenconductor, und zwar sehr lang.
F Eiserner Haken, zur Befestigung des Eisendrahtes *E*.

Fig. 4. *C* Nerven-Conductor.
D Muskel-Conductor.

Fig. 5. Leydener Flasche.
A Jagdschrot in der Flasche.
B Der Conductor der Flasche.
C Die Hand des Mannes, welcher die Funken dem Conductor *B* entzieht.

Fig. 6. *A* Eine umgestülpte Flasche, mit Jagdschrot.
B Eine ähnliche Flasche, in welcher sich sowohl das Thier befindet, als auch Jagdschrot, den Muskelconductor vertretend.

Tafel II. (Seite 19.)

Fig. 7. *AA* Isolirter Eisendraht als Nervenconductor.
BBB Glasröhren, in welchen der Eisendraht behufs Isolation eingeschlossen ist.
C Glasgefäss, zur Aufnahme des wie gewöhnlich präparirten Frosches.
D Eisendraht, als Muskelconductor, dessen eines Ende die Glieder des Frosches berührt, während das andere zum Brunnen geleitet wird.

Fig. 8. *E* Der wie gewöhnlich präparirte Frosch, auf einen mit Oelfarbe bestrichenen Tisch hingestreckt.
F Nicht isolirter Nervenconductor, der mit einem Ende in das Rückenmark gesteckt ist, während das andere an die eisernen Haken in der Mauer befestigt wird.

Tafel III. (Seite 25.)

Fig. 9. *A* Stanniolblatt über der Wirbelsäule des präparirten Frosches.
BB Die Thierschenkel.
C Ein anderes Metallblatt aus Messing.
D Ein eherner mit Silberblatt überzogener Bogen.
F Glasplatte, auf welcher das Thier liegt.

Fig. 10. *AA* Zwei Bogen, die in den Cylinder *B* aus Glas oder Harz gesteckt sind.
C Ein mit dem Rückenmark verbundener Haken.

Fig. 11. Ein präparirter Frosch, dessen eines Bein aufgehängt wird, während das andere sammt dem mit dem Rückgrat verbundenen Haken die Fläche der silbernen Kapsel *E* berührt.

Fig. 12. *FF* Zwei Metallbögen, der eine aus Kupfer, der andere aus Silber.

Fig. 13. *GG* Metallconductoren, von welchen der eine mit der oberen, der andere mit der unteren Belegung des magischen Quadrates in Verbindung steht.
H Nerven, die so über den Rand des magischen Quadrates hingestreckt sind, dass sie zugleich mit dem Rückenmark die untere Belegung berühren.

Fig. 14. Eine mit diversen Flüssigkeiten anzufüllende Glasröhre.

Fig. 15. Schenkel, von einander getrennt.

Fig. 16. Schenkel, von einander getrennt, sammt dem in zwei Theile gespaltenen Rückgrat.

Tafel IV. (Seite 39.)

Fig. 17. Frosch auf einer Glasplatte; das Rückenmark mit einem Metallblättchen *E* versehen.

Fig. 18. Frosch auf einer Glasplatte, die an zwei Stellen mit Metallfolie bedeckt ist.
F Silberblatt.
G Kupferblatt.

Fig. 19. *AA* Metallischer Bogen.
BB Glasgefässe mit Wasser; in dem einen befinden sich die Froschschenkel *C*, in dem anderen die Nerven *D*.

Fig. 20. *A* Metallischer Leiter, gestützt auf die untere Belegung des magischen Quadrates; die Belegung liegt auf den entblössten Schenkelmuskeln.
B Ein anderer metallischer Leiter, der die obere Belegung des magischen Quadrates berührt, über welche der Schenkelnerv gespannt ist.
CC Freier unbelegter Theil des magischen Quadrates.

Fig. 21. Schenkel vom Hühnchen.
AA Metallischer Bogen.
B Schenkelnerv.
C Stanniolblatt.
D Die zerschnittenen Muskeln des Oberschenkels.

Anmerkungen.

Luigi (*Aloisius*) *Galvani* war am 9. Septbr. 1737 in Bologna geboren. Seit 1762 war er Docent der Medicin, seit 1775 Professor der praktischen Anatomie an der Universität zu Bologna, dann Professor der Anatomie und Gynäkologie am Istituto di Bologna. Er war verheirathet mit der Tochter seines Lehrers, des Professors *Gallazzi*. Seine ersten Studien bezogen sich auf anatomische Gebiete, er schrieb über die Nieren der Vögel und über deren Gehörorgane, doch kam ihm *Antonio Scarpa* in der Publication zuvor, so dass *Galvani* nur das veröffentlichte, was jenem entgangen war.

Die erste Beobachtung, die *Galvani* an Froschschenkeln anstellte, ist im Tagebuche datirt vom 6. November 1780, so dass volle 11 Jahre bis zur Veröffentlichung der berühmten Abhandlung verstrichen, die wir vorstehend gebracht haben. Der volle Titel derselben lautet:

»*Aloysii Galvani*: de viribus electricitatis in moto musculari Commentarius«. —

Die meisten Versuche wurden im Nov. und Dec. 1780 angestellt, sowie in allen Monaten des Jahres 1781, ferner in einigen Monaten 1782 und 1783; der letzte der ersten und zweiten Serie datirt vom 14. Febr. 1783. — Man hat Gründe anzunehmen, dass schon im Sommer 1780 die ersten Beobachtungen geschahen, jedoch ohne Aufzeichnung im Tagebuche.

Auch vor 1780 hat *Galvani* über die Reizung von Froschnerven experimentirt, aber keinmal wird eine andere als mechanische Reizung erwähnt. Auch hat er schon 1773 einen Vortrag über »Muskelbewegung« gehalten (sul moto muscolare nelle rane). Hieraus sieht man, wie *Galvani* sich fortgesetzt mit Reizung der Froschnerven beschäftigte. Um so befremdender und bedauerlicher ist die in einer »Geschichte des Galvanismus« von *Sue* mitgetheilte Legende von Frosch-

schenkeln, die zur Suppe vorbereitet sein sollten. Wörtlich heisst es: »On avait placé par hazard snr une table, où se trouvait nne machine électriqne, des grenouilles écorchés qn'on destinait à faire des bouillons«. *Galvani* berichtet stets historisch genau, er spricht nur von einem Frosch, dessen Schenkel präparirt waren. (s. pag. 4.) Genaueren Bericht findet man in der Einleitung zu den gesammelten Werken *Galvani's*, deren Titel lautet: »Opere edite ed inedite del Professore *Luigi Galvani* raccolte e pubblicate per cura dell' Accademia delle Science dell' Istituto di Bologna«. Bologna, 1841. p. 16 Anm. (c) und p. 17 Anm. ** nebst Supplement.

Die Versuche über die Einwirkung der atmosphärischen Electricität sind vom 26. April bis zum 17. August 1786 angestellt. Wie leicht hätte *Galvani* dasselbe Unheil wie einst *Richmann* treffen können. *Richmann* wurde am 26. Juli 1753 in Petersburg bei einem ganz ähnlich eingerichteten Experiment durch den Blitz erschlagen und diese Thatsache musste *Galvani* bekannt sein, man lese in vorstehender Abhandlung Seite 67, wo von »vorsichtiger nnd verständiger Anordnung« die Rede ist.

Die im 3. Abschnitt behandelten Experimente sind weitaus die wichtigsten. Sie datiren ans etwas späterer Zeit. Die ersten Versuche mit metallischem Bogen wurden am 20. Sept. 1786 angestellt nnd bis zum 20. Oct. fortgesetzt, sämmtlich im Palazzo Zambeccari di Bel Poggio. Das Convolut vom Tagebnch, das sich auf diese Versuchsreihe bezieht, trägt eine denkwürdige Ueberschrift, von *Galvani's* eigener Hand geschrieben. Sie lautet: »Esperimenti circa l' elettricità de' metalli«. Und dass dieses kein Zufall, beweist die Ueberschrift zu einem anderen Fascikel: »Esperimenti circa l' elettricità dei metalli negli animali caldi«. —

In den Manuscripten befindet sich ein besonderes Convolut, welches mit vielen Varianten den ursprünglichen Text zum 3. Capitel enthielt mit dem Datum 30. Oct. 1786, welches also immer noch 5 Jahre vor Publication unserer Abhandlung abgefasst ist.

Auf Seite 22 ist zn lesen, der erste Versuch am Eisengitter sei mit einem Präparate an einem Haken aus »Messing« gemacht. Im Tagebuche steht »uncino ferreo«, während in der Abhandlung »nncis aereis« steht. Von beiden Möglichkeiten ist ja fernerhin im Text die Rede, und es bleibt

Galvani's unbestreitbares Verdienst, diesen Unterschied entdeckt und betont zu haben (Seite 27).

Auch nach der im Jahre 1791 erfolgten Publication unserer Abhandlung hat *Galvani* seine Versuche fortgesetzt. Für die historische Entwickelung der Electricitätslehre und zur Kennzeichnung der Anschauungen *Galvani's* über die thierische Electricität kommen namentlich in Betracht seine: »Memorie sulla elettricità animale al Abate *L. Spallanzani*«. 1797, in der alle Argumente gegen die von *Volta* vertretene Ansicht über den Ursprung der Electricität in den Metallen zur Sprache gebracht und mehrere neue Versuche vorgeführt werden. Er sucht zu beweisen, dass *Volta's* Annahme nicht zu einer befriedigenden Erklärung der Erscheinungen führe. Diese Abhandlung hat fast den doppelten Umfang der vorliegenden.

Im April 1798 wurde *Galvani* aller seiner Aemter für verlustig erklärt, weil er der cisalpinischen Republik den Eid verweigerte. Noch in demselben Jahre wurde seine Wiedereinsetzung, auf Betreiben namentlich des Professors *Aldini*, decretirt. Noch ehe der für den Januar des folgenden Jahres angesetzte Termin erreicht war, verschied *Galvani* am 4. Dec. 1798 im Alter von 61 Jahren.

Im Jahre 1804 wurde *Galvani* zu Ehren eine Medaille geprägt, 1814 ward ihm ein Denkmal errichtet in der Loggia superiore dell' antico Palazzo del' Istituto, deren Inschrift lautet: »*Aloisio Galvano*, Medico Chirurgo, Doctori Anatomes et Artis Obstetriciae quod invento nobilissimo de suo nomine appellato Physicam auxerit, Doctrinam eximiam pietate singulari cumulaverit, Sodales et Amici Viro per Orbem clarissimo«.

Näheres zur Geschichte des Galvanismus findet man in der ausgezeichneten Darstellung von *Em. du Bois-Reymond* in seinen Untersuchungen über thierische Electricität. Berlin, G. Reimer, 1848. I. Abschnitt. p. 32—156. —

---

1) *Zu S. 22.* Der Titel zu dem dritten Capitel lautet: »De viribus electricitatis animalis in motu musculari«. Hier könnte fraglich erscheinen, ob »animalis« das Adjectiv oder ob es der Genitiv singularis von animal sein soll. Der Sinn wird danach ein verschiedener. Electricität des Thieres klingt weniger bestimmt, als thierische Electricität. Letztere Version

ist die allein richtige, weil an anderen Stellen dieselbe Zusammenstellung im Accusativ als »electricitatem animalem« vorkommt.

2) *Zu S. 23.* Für den Gedankengang *Galvani*'s ist diese Stelle besonders wichtig. Wir sehen uns daher genöthigt, für die letzten acht Zeilen den Originaltext wiederzugeben: »Hujusmodi sane eventus et admirationem attulit nobis haud levem, et coepit de electricitate ipsi animali inhaerente suspicionem movere aliquam. Utramque autem auxit tenuissimi fluidi nervei circuitus veluti quidam, quem a nervis ad musculos, dum phaenomenon contingeret, fieri, atque ad electricum circuitum, qui in leidensi phiala absolvitur, accedere, casu animadvertimus«. Ich hoffe im deutschen Text den Sinn dieser nicht ganz leicht zu übersetzenden Stelle getroffen zu haben.

3) *Zu S. 27.* s. Anm. 1, hier wörtlich: »argentum enim prae ceteris metallis ad deferendam animalem electricitatem visum est nobis idoneum«.

4) *Zu S. 28.* Im Texte: »electricitati animalis«.

5) *Zu S. 29.* Zu dieser Stelle bemerkt Herr *Em. du Bois-Reymond* (Untersuchungen über thierische Electricität. Berlin 1848. Bd. I. p. 50. Anmerk.): »Diese Erfolge sind übrigens zum Theil unverständlich. Man begreift nicht, weshalb nicht gerade beim Glase eher als beim Siegellack Zuckungen entstanden, da alsdann der Strom absteigend war.« Ich habe nun Herrn Professor Dr. *Erich Harnack* in Halle und kürzlich auch Herrn Professor Dr. *M. von Frey* in Leipzig ersucht, den Versuch zu wiederholen. Von beiden Herren wird die Richtigkeit der *Galvani*'schen Beobachtung bestätigt. Herr *von Frey* meint, »man könne auch mit einer geriebenen Glasstange das Froschpräparat zum Zucken bringen, aber weniger leicht und nur wenn dasselbe frisch (noch unermüdet) ist«. Auch hat sich Herr *von Frey* davon überzeugt, dass die Verschiedenheit der Quanta der Electricität nicht der Grund sei. Während eine schwach electrische Harzstange die Erscheinung hervorrufe, sei der noch so stark electrische Glasstab unwirksam. Unter diesen Umständen muss man bekennen, dass der Versuch zwar constatirt, seine Begründung durch die Physiologen aber auch heute noch nicht gelungen zu sein scheint.

6) *Zu S. 30.* Der ganze Abschnitt wirft verschiedene Erscheinungen durch einander, sofern die durch blosse Anlegung des Bogens hervorgerufenen Contractionen in Beziehung

gesetzt werden zum Zustande des Himmels und der Witterung. So bleibt auch der Schlusssatz schwer verständlich, demgemäss die Contractionen zunehmen, wenn nur ein Theil des Rückenmarkes mit Stanniol bedeckt wird.

7) *Zu S. 32.* Der ganze Absatz ist bemerkenswerth. Deutlich tritt der Unterschied der durch Funkenziehen hervorgerufenen Contractionen, und der durch blossen Bogenschluss erhaltenen dem Autor ins Bewusstsein. Wie interessant aber confundirt er trotzdem die beiden grundverschiedenen Phänomene, indem er beim Bogenschluss eine Spitzenwirkung gefunden haben will.

8) *Zu S. 47.* Der Satz ist schwierig wiederzugeben. Da er aber nicht unwichtig ist, wegen *Galvani*'s Auffassung vom Bau der Muskeln, so theilen wir die Schlussworte mit: ... sive spectata cavitate, quam nonnulli eidem tribuunt, sive substantiarum diversitate, qua componi diximus, quae nequit esse sine variis muscularis substantiae foveolis veluti, ac superficiebus.

9) *Zu S. 50.* Hier der Wortlaut der bemerkenswerthen Stelle: »animalis siquidem oeconomia semper spiritus animales intra nervos coercitos postulare videtur; experimenta autem demonstrant, oleosa maxime substantia nervos conflari«.

10) *Zu S. 52.* »spontanea instauratio«.

11) *Zu S. 52.* »praeterea ut in illa, sic in ista desunt et levioris quasi aurae sensatio, et attractio aut repulsio levissimorum corporum« ...

12) *Zu S. 55.* ... »aut nervos, aut muscularem fibram percellendo, ejusdemque, ut ajunt, irritabilitatem excitando, an moro et ingenio communis vaporis electrici peculiarem vehementemque attractionem ... inducendo«.

13) *Zu S. 56.* »eorumque constans cum muscularibus contractionibus ratio et proportio«.

14) *Zu S. 57.* Sollte nicht eine Wiederholung dieser Versuche noch heutzutage von Interesse sein? S. Anm. 5.

15) *Zu S. 64.* ... »ut electricitas illa, quam per balneum recentiores appellant physici; postrema demum, quae electricitatem ex animali eripit, ut dum negativa, quam appellant iidem physici, electricitas adhibetur«.

16) *Zu S. 68.* ... »quae clarrissimus Gardinius post fulgura et tonitrua animadvertit, et atmosphaericae potissimum electricitati vaporibus conjunctae adscripsit«.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.